

Ossi Tikkala

Lämmitysmuotojen vertailu pientaloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

3.1.2013

Tekijä(t) Otsikko	Ossi Tikkala Lämmitysmuotojen vertailu pientaloissa
Sivumäärä Aika	50 sivua + 3 liitettä 3.1.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaaja(t)	lehtori Erkki Olavi Sainio LVI-tekniikko Matti Lintunen
<p>Insinööriyön tarkoituksena on tutkia eri lämmitysmuotojen käyttöä ja arvioida kustannuksia laskennallisesti ottaen huomioon investointi-, käyttö- ja huoltokustannukset. Tarkastelussa arvioidaan yleisimpien lämmitysmuotojen, kuten kaukolämmityksen, pellettilämmityksen, maalämmön ja sähkölämmityksen, lisäksi aurinkokeräinjärjestelmää, takkalämmitystä ja lämpöpumppusovelluksia. Työssä arvioidaan myös kokonaiskustannuksiin vaikuttavien tekijöiden, kuten korkotason ja energian ostohintojen muutoksien vaikutusta kannattavuuslaskelmiin.</p> <p>Energiamuotojen vertailussa tarkasteltiin 160m² omakotitalon lämmitysratkaisuja. Energiankulutus mallinnettiin tekemällä energiaselvitys kohteeseen. Kannattavuuslaskelmissa tarkasteltiin kustannuksia vuosikustannus- ja takaisinmaksumenetelmällä. Vertailuja tehdessä otettiin huomioon korkotasot ja laitteistojen arvioidut tekniset käyttöiät.</p> <p>Laskennan lopputuloksena maalämpö osoittautui useimmiten kustannustehokkaimmaksi vaihtoehdoksi. Korkeammilla laskentakoroilla maalämmön kannattavuus laski kuitenkin dramaattisesti.</p> <p>Yhtä ja oikeaa kaikille sopivaa lämmitysratkaisua ei ole olemassa. Kustannusvertailuja tehdessä onkin tärkeää tunnistaa oikeat laskentaan vaikuttavat muuttujat ja lähtötiedot, kuten paikkakuntakohtaiset hinnat, energiakustannukset ja laskennassa käytävä korkotasot yms. Mitä tarkemmin muuttujat ja lähtökohdat selvitetään, sitä realistisemmin voidaan arviointi toteuttaa.</p>	
Avainsanat	lämmitys, lämmityskustannukset, energiankulutus, vuosikustannukset

Author(s) Title	Ossi Tikkala Comparison of heating systems in private homes
Number of Pages Date	50 pages + 3 appendices 3 January 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Senior Lecturer Erkki Olavi Sainio HVAC- technician Matti Lintunen
<p>The purpose of this final year project was to study the various forms of heating systems available on the market. The goal was to compare investment, operational and maintenance costs of the evaluated systems. The project evaluates forms of heating such as district heating, pellet-heating, ground heat pump, electrical heating, solar collectors, fireplaces and heat pump applications. The purpose was also to consider the possible changes of variable factors such as changing of interest rates or energy prices that could change outcome of the calculations.</p> <p>The compared heating systems were selected to meet the heating energy needs of a 160 square meter ordinary single family house. Heating energy consumption of the example house was calculated with energy consumption modeling tools. Cost calculations were made by using the annual cost method. Investment rates and expected life span of the system was taken into consideration when analyzing the systems.</p> <p>The result shows that in most cases ground heat pump application seems to be the most cost efficient system, but when the interest rates raise the viability of the application decreases dramatically.</p> <p>There is no single heating system that would be best suited for all situations. Cost comparisons should always be made by using the right initial data that affect the calculation. Prices, cost and other changing factors always differ depending on time and location. Cost calculations are always more reliable when the initial data of the calculation is better known</p>	
Keywords	heating, heating cost, energy consumption, annual cost

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat tekijät	2
2.1	Lämmitysjärjestelmän valinta	2
2.2	Energialähteiden hintakehitys	4
2.3	Energiankulutuksen mallinnus	4
2.3.1	Rakennuksen vaipan lämmönläpäisymääräykset	5
2.3.2	Rakennuksen energiankulutuksen mallintaminen	9
3	Kustannuslaskelmien lähtötiedot	11
3.1	Kohteen tiedot	11
3.2	Investointien arviointi	12
4	Lämmitysmuodot ja niiden tukijärjestelmät	13
4.1	Sähköpatterilämmitys	13
4.2	Sähköinen patterilämmitys ja ilma-ilmalämpöpumppu	14
4.3	Sähköinen patterilämmitys ja varaava takka	16
4.4	Sähköpatterit, ilma-ilmalämpöpumppu ja varaava takka	17
4.5	Varaava sähkölämmitys	18
4.6	Varaava sähkölämmitys ja vesitakka	19
4.7	Varaava sähkölämmitys, vesitakka ja aurinkokeräimet	21
4.8	Maalämpöpumppu	22
4.9	Ilma-vesilämpöpumppu	25
4.10	Ilma-vesilämpöpumppu ja vesitakka	27
4.11	Ilma-vesilämpöpumppu, vesitakka ja aurinkokeräimet	27
4.12	Pellettilämmitys	28
4.13	Kaukolämmitys	30
5	Vertailulaskelmat	31
5.1	Lähtötiedot	31
5.2	Laskentojen lähtökohdat ja tulkinta	33
5.2.1	Vertailu järjestelmistä kertainvestoinneilla	34
5.2.2	Vuosikustannusten vertailu	39
5.2.3	Vuosikustannusten vertailu takoilla varustetuista järjestelmistä	42
5.2.4	Vuosikustannusten vertailu alhaisella puunhinnalla	44

5.2.5	Kokonaiskustannusten vertailu nousevilla energianhinnoilla	45
5.3	Virhetarkastelu	48
6	Yhteenveto	48
	Lähteet	50
	Liitteet	
	Liite 1. Energiaselvitys	
	Liite 2. Energian hintakehitys	
	Liite 3. Esimerkkilaskelmat	

1 Johdanto

Energiakustannusten nousun myötä rakennuksen lämmitysjärjestelmän valinta on kohonnut entisestään. Nousseiden hintojen ja kuluttajien valvettavuuden kasvun vuoksi kilpailu laitevalmistajien, energiamuotojen ja järjestelmien kesken on kiristynyt. Markkinoille tuodaan jatkuvasti uutta tekniikkaa ja uusia lämmitysratkaisuja, mikä on varmasti saanut monen uudisrakentajan pään pyörälle.

Tässä insinöörityössä pyrin helpottamaan pientalon rakentajan lämmitysmuodon valintaa ja antamaan keinoja analysoida lämmitysratkaisuja erilaisista lähtökohdista.

Laitevalmistajilta ja järjestelmien myyjiltä saadaan usein ylioptimistisia laskemia ja arvioita lämmitysjärjestelmien todellisista kustannuksista. Tärkeää on tunnistaa ratkaisut, jotka vastaavat omia mieltymyksiä ja lähtökohtia, sekä osata suhtautua laskelmiin aina suuntaa antavina. Tulevaisuuden kehitystä on mahdoton varmuudella tietää ja tarkasteluajavälin pidetessä laskelmien virhemarginaali kasvaa.

Työssä tarkastellaan pientalon lämmitysmuodon ja niiden yhdistelmien valinnan vaikutusta käyttökustannuksiin pitkällä aikavälillä. Tarkoituksena on arvioida lämmitystapojen vaikutusta kustannuksiin ottaen huomioon laiteinvestoinnit, asennuskustannukset, kustannusvaikutukset muun LVI-tekniikan toteutukseen sekä käyttö- ja huoltokustannukset. Tarkasteluja tehdään eri lähtökohdista, joita ovat korkotason muutos, energiahinnannousu tai lämmönlähteiden saatavuus. Muutokset näissä lähtökodissa voivat vaikuttaa merkittäväällä tavalla laskelmien tuloksiin ja kannattavuuteen.

Työ tehdään BigMan Oy:lle, joka yritystoiminnassaan panostaa voimakkaasti energiatehokkuuden ja ekologisuuden kehittämiseen. Yrityksen toimenkuvaan kuuluu LVI-suunnittelun lisäksi energiakatselmukset, lämmöntuotantoratkaisujen suunnitelmat ja laitetöimitukset. Työssä on pyritty selventämään lämmitysjärjestelmien ja tukijärjestelmien yhteisvaikutuksia ja kehittämään tapaa näiden arviointiin. Taulukkoon 1 on kerätty kaikki tässä työssä vertailtavat ratkaisut.

Taulukko 1. Lämmitysmuodot ja tukijärjestelmät

Pää	Tuki 1	Tuki 2	Tuki 3
suora sähkölämmitys			
suora sähkölämmitys	varaava takka		
suora sähkölämmitys	ilma-ilmalämpöpumppu		
suora sähkölämmitys	ilma-ilmalämpöpumppu	varaava takka	
varaava sähkölämmitys			
varaava sähkölämmitys	vesitakka		
varaava sähkölämmitys	vesitakka	aurinkokeräimet	
varaava sähkölämmitys	ilma-vesilämpöpumppu		
varaava sähkölämmitys	ilma-vesilämpöpumppu	vesitakka	
varaava sähkölämmitys	ilma-vesilämpöpumppu	vesitakka	aurinkokeräimet
maalämpö (maaperä)			
maalämpö (porakaivo)			
pellettilämmitys			
kaukolämpö			

2 Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat tekijät

2.1 Lämmitysjärjestelmän valinta

Omakotitalon rakentajan yksi tärkeimpiä päätöksiä on lämmitysjärjestelmän valinta. Se ei vaikuta vain asumisviihtyvyyteen, vaan se muodostaa myös toiseksi suurimman osan kustannuksista pääomakulujen jälkeen. Lämmitysjärjestelmän valinta vaikuttaa merkittäväällä tavalla asumiskustannuksiin, asumisen laatuun ja viihtyvyyteen koko rakennuksen elinkaaren ajan. Käyttöön otetun järjestelmän vaihtaminen tai muuttaminen tulevaisuudessa on usein kallista tai jopa mahdotonta. [1]

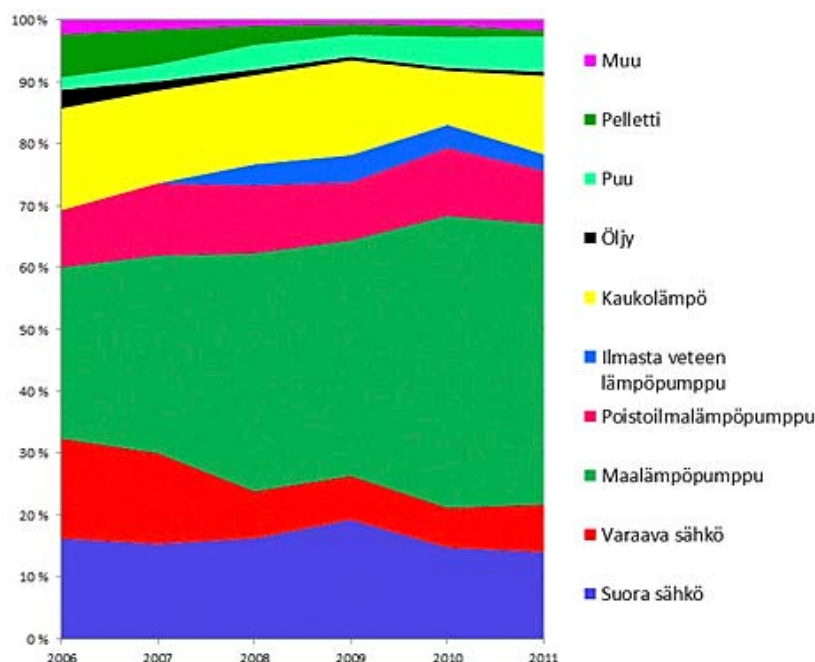
Lämmitysjärjestelmien kehitys on huimaa, ja vaihtoehtoja sekä vaihtoehtojen yhdistelmiä on lukuisia. Uusi tekniikka rantautuu nopeasti juuri omakotirakentamiseen, ja pienet talot ovat usein uuden tekniikan koekaniineina. Rakennuksen lämmitysjärjestelmän valinnassa ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa ratkaisua. Valinnassa onkin siksi tavoiteltava järjestelmää, joka on rakennuksen ominaisuuksiin, käyttäjän mieltymyksiin sekä elämäntilanteeseen sopiva.

Kustannuslaskelmia tehtäessä vuosikymmeniksi eteenpäin vaikuttavat monet ulkoiset seikat lopputulokseen. Energianlähteiden hinnat ovat jatkuvan muutoksen alaisia. Hinta-kehityksen tarkka ennustaminen vuosikymmeniksi eteenpäin on mahdotonta. Velka-

rahalla tehtyjen investointien kannattavuuteen vaikuttavat myös voimakkaasti maailmantaloudelliset tekijät korkojen muodossa. Lämmitysjärjestelmiin liittyvän teknologian kehitys on ollut viime vuosikymmenet huimaa, ja energian hintojen ollessa korkealla voi kehityksen odottaa vain nopeutuvan. Ongelmana uudessa tekniikassa on se, että käyttökokemukset pitkältä aikaväliltä puuttuvat. Käytännössä toimivaksi ja luotettavaksi todetulle tekniikalle on annettava enemmän painoarvoa kuin koeolosuhteisessa tehtyjen mittausten tuloksille

Lämmitysjärjestelmää valittaessa on syytä miettiä järjestelmän muunneltavuutta. Esimerkiksi sähköpattereiden tullessa noin 20 vuoden ikäisiksi laitteistojen käyttöikä alkaa loppua, ja pattereiden hajotessa ainoa vaihtoehto on uusia patterit. Kiertävään lämmitysveteen perustuvissa järjestelmissä lämmöntuotantolaitteiden käyttöiät pientaloissa jäävät noin 15–25 vuoteen, mutta lämmitysputkiston ja pattereiden käyttöiksi voidaan olettaa jopa 50–100 vuotta. [1]

Kuvassa 1 on esitetty eri lämmitysjärjestelmien markkinaosuuksien kehitys pientaloissa vuosina 2006–2011.



Kuva 1. Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus uusissa pientaloissa 2006–2011 [2]

Tilastosta käy ilmi maalämpöjärjestelmien markkinaosuuden raju kasvu ja toisaalta pellettijärjestelmien suhteessa suuri vähentyminen. Maalämpöjärjestelmät ovat syöneet markkinaosuutta lähes kaikilta muilta järjestelmiltä paitsi puulta ja kaukolämmöltä.

2.2 Energialähteiden hintakehitys

Rakennuksen energiankulutus ja ostoenergian hinta vaikuttavat suurimmilta osin investointien kannattavuuteen. Pääsääntöisesti suurissa taloissa suurempi investointi maksaa edullisemmilla käyttökustannukset itsensä takaisin nopeammin. [3, s. 13.]

Energiamuotojen ostoenergioiden hinnat ovat nousseet koko 2000-luvun ajan (liite 2).

Rajuinta hintakehitys on ollut öljylämmössä. Liitteen 2 tiedon mukaan öljylämmön hinnat ovat kolminkertaistuneet verrattaessa vuoden 2002 ja vuoden 2012 hintatasoja. Öljylämmityksen kilpailukyky uuden pientalon lämmitysjärjestelmänä on tämänhetkisin öljyn hinnoilla romahtanut. Työssä ei ole arvioitu öljylämmitykseen perustuvia järjestelmiä. Tyypillistä viime vuosikymmenille on ollut ostoenergianhintojen nousu pitkällä aikavälillä.

Energian hintoihin vaikuttavat niin voimakkaasti poliittiset, kaupalliset, teknologialliset tekijät, että tarkkaa hintakehitystä tuleville vuosikymmenille on mahdotonta ennustaa. Viimeisimmän tiedon mukaan hinnankkehitys on kuitenkin nousujohteista, eikä tämänhetkisessä tilanteessa siihen näytä olevan tulossa muutosta (liite 2).

2.3 Energiankulutuksen mallinnus

Lämmitysjärjestelmän valinnan kannalta on ensiarvoisen tärkeää saada arvioitua riittäväällä tarkkuudella rakennuksen energiankulutus. Voimassa olevat rakennuksien energiatehokkuusmääräykset velvoittavat rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa rakennusten energiankulutuksen hyvää hallintaa. Rakentamismääräysten mukaisuus osoitetaan alustavalla energiaselvityksellä tai muilla vastaavan tason selvityksillä. Rakennuslupaa haettaessa on yleisimmin jätettävä energiaselvitys rakennuslupahakemuksen yhteydessä. Käytännöt lupamenettelyissä kuitenkin vaihtelevat paikkakunnittain ja lupa-asiat tulisi aina varmistaa paikkakunnan rakennusvalvontavirastolta. Hel-

singin kaupunki edellyttää energiaselvityksen jättämistä uudisrakennuksen rakennuslupahakemuksen yhteydessä [4]. Tässä työssä alusta energiaselvitys on tehty Helsingin kaupungin rakennusvalvontaviraston excel-laskentapohjalle (liite1).

Energiaselvitys pitää sisällään mm. rakennuksen lämpöhäviöiden tasauslaskennan, energiankulutuksen ja ostoenergianmäärityksen, energiatodistuksen, ilmanvaihdon ominaissähkötehon määrityksen, lämmityksen tehonmäärityksen, arvion kesäaikaisesta huonelämpötilasta ja tarvittaessa jäähdytystehon. Lisäksi Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 2012 tullut päivitys velvoittaa rakennusten E-luvun eli kokonaisenergiankulutuksen määrityksen. Tässä työssä ei ole kuitenkaan käsitelty E-luvun laskentaa, koska se ei koske ennen heinäkuuta 2012 vireille laitettuja rakennuslupahakemuksia. Liitteinä on energiaselvityksen osioita, jotka oleellisesti vaikuttavat lämmitysjärjestelmän valintaan, kuten lämpöhäviöiden tasauslaskenta, energiankulutus, ostoenergiankulutus ja lämmityksen tehontarpeen määrittely. Liitteessä 1 on esitetty osa kiinteistölle tehdystä energiaselvityksestä, jonka tuloksien perusteella on raportissa eri lämmitysvaihtoehtoja arvioitu.

2.3.1 Rakennuksen vaipan lämmönläpäisymääräykset

”Rakennuksen vaipalla tarkoitetaan rakennuksen osia, jotka erottavat rakennuksen lämmöneristetyt tilat ulkoilmasta, maaperästä tai lämmittämättömästä tilasta” [5]. Vaipan lämmönläpäisyllä tarkoitetaan siis rakennuksen seinien, alapohjan, yläpohjan, ikkunoiden tai ovien kautta johtuvaa lämpöenergiaa. Rakennuksen lämmöneristyksen vaatimustaso määritellään rakentamismääräyskokoelmassa D3 vuodelta 2012.

Rakentamismääräyskokoelmassa D3 määritellään eri rakennusosien lämmönläpäisykertoimien vaatimukset eli U-arvo-vaatimukset. U-arvolla tarkoitetaan lämpövirran tiheyttä, joka läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla on määrätyn suuruinen [6]. Yksikkönä U-arvolle käytetään (W/m^2K) ja sen avulla lasketaan rakennuksen vaipan lämpöhäviöitä. Taulukossa 2 on esitetty suurimmat sallitut lämmönläpäisykertoimet rakennusosille.

Taulukko 2. Rakenteiden suurimmat sallitut U-arvot [5].

Suurin sallittu U-arvo tilassa	Lämmin	Puolilämmin
	[W/m ² K]	[W/m ² K]
rakennuksen vaippaan kuuluva *	0,6	0,6
ikkuna	1,8	2,8

*seinä, alapohja tai yläpohja

Vertailuarvot on esitetty taulukossa 3. Rakennuksen lämpöhäviö kokonaisuudessaan saa olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla laskettu vertailulämpöhäviö. Vaipan lämpöhäviöiden ylittäessä vertailutason tasataan lämpöhäviöt määräykset täyttäväksi parantamalla rakenteiden eristystä, pienentämällä vuotoilman määrää ja pienentämällä ilmanvaihdon lämpöhäviöitä.

Taulukko 3. Vertailuratkaisun U-arvot

Vertailu U-arvot	Lämmin	Puolilämmin
	[W/m ² K]	[W/m ² K]
rakennuksen seinä	0,17	0,26
hirsiseinä	0,4	0,6
yläpohja	0,09	0,14
ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09	0,14
ryömintätilaan rajoittuva alapohja	0,17	0,26
maanvastainen rakennusosa	0,16	0,24
ikkuna, kattoikkuna, ovi	1,0	1,4

Rakennuksen lämpöhäviöiden laskemiseen tarvitaan vaipan lämpöhäviön lisäksi myös vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviöt. Rakennuksen vertailulämpöhäviö on rakennuksen vaipan, ilmanvaihdon ja vuotoilman yhteenlaskettu lämpöhäviö laskettuna määräysten mukaisilla vertailuarvoilla (liite 1).

Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt lasketaan rakentamismääräyskokoelman D3 2012 määräysten mukaisesti seuraavalla kaavalla. [6]

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}})$$

$\sum H_{\text{joht}}$ on rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpökapasiteetti (W/K)

U on rakennusosan lämmönläpäisykerroin (W/m²K)

A on rakennusosan pinta – ala (m²).

Ikkunoiden vertailulämpöhäviö lasketaan taulukon 3 mukaisilla lämmönläpäisykertoimilla ja ikkunapinta-alana käytetään laskelmissa 15 %:a kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrosalojen summaa. Suunnitteluratkaisun lämpöhäviöitä laskiessa käytetään suunniteltuja lämmönläpäisykertoimia ja pinta-aloja. [6]

Esimerkkikohteen suunnitteluratkaisun lämpöhäviöitä arvioidessa seinien eristys on määritelty vertailuratkaisua vastaaviksi. Vertailuarvot esitetään taulukossa 3.

Vuotoilman aiheuttamat lämpöhäviöt otetaan huomioon rakennuksen lämpöhäviöitä laskettaessa. Vuotoilmalla tarkoitetaan hallitsematonta ulkovaipan epätiivyydestä johtuvaa hallitsematonta ilmanvaihtoa [6]. Vuotoilma voi kulkeutua ulkoa sisälle tai sisältä ulos huonosti tiivistetyistä raoista tai läpivienneistä. Ulkoilman kulkiessa vaipan läpi rakennukseen tarvitaan sen lämmitykseen energiaa.

Vuotoilman lämpöhäviö lasketaan rakentamismääräyskokoelma D3:n mukaan seuraavalla kaavalla [6].

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_v, \text{ vuotoilma}$$

$H_{\text{vuotoilma}}$ on vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

q_v on vuotoilmavirta, m³/s

Vuotoilmavirta lasketaan D3:n ohjeiden mukaan seuraavasti [6].

$$Q_{\text{vuotoilma}} = n_{\text{vuotoilma}} V / 3600$$

$Q_{\text{vuotoilma}}$	on vuotoilmavirta, m^3/s
$n_{\text{vuotoilma}}$	on rakennuksen vuotoilmakerroin, $1/\text{h}$
V	on rakennuksen tilavuus, m^3
3600	on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos, m^3/h muunnos m^3/s

Vuotoilman vertailulämpöhäviön vuotoilmakertoimena käytetään arvoa 0,08 1/h. Suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään vuotoilmakertoimena 0,16 1/h, mikäli ilmapitävyyttä ei osoiteta mittaamalla tai muulla menettelyllä [6]. Esimerkkikohteen vuotoilmakertoimen arvona on käytetty arvoa 0,08 1/h (liite 1). Vuotoilmakertoimeen 0,08 1/h päästään vielä kohtuullisen helposti, kun rakentamisen aikana kiinnitetään tiiviiseen rakentamiseen huomiota.

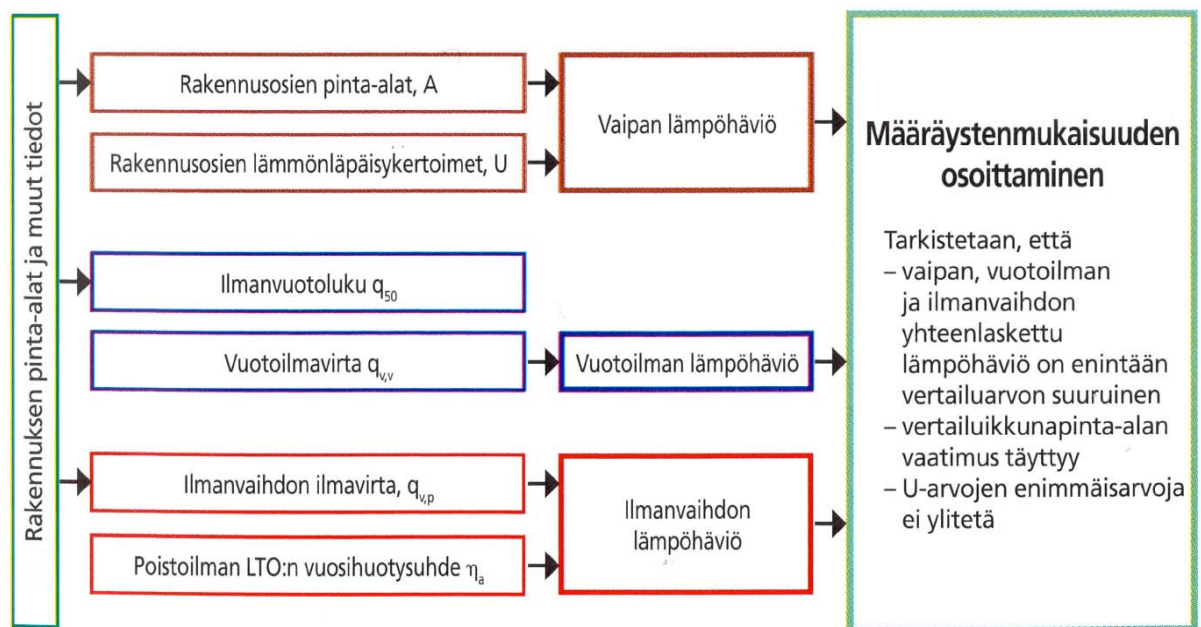
Ilmanvaihdon lämpöhäviöt lasketaan D3:n mukaan seuraavalla kaavalla [6].

$$H_{\text{ilmanvaihto}} = \rho_i c_{p,i} q_{v, \text{poisto}} t_d r t_v (1 - n_a)$$

$H_{\text{ilmanvaihto}}$	on ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
ρ_i	on ilmantiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$
$\rho_{p,i}$	on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000Ws/kgK
q_v	on poistoilmavirta, m^3/s
t_d	on ilmanvaihtojärjestelmän vuorokautinen käyntiajan suhde, $\text{h}/24$
t_v	on ilmanvaihtojärjestelmän viikottainen käyntiaikasuhde, $\text{vrk}/7\text{vrk}$
r	on muuntokerroin, ympärivuorokautinen käyttö 1,00, päiväkäyttö 0,93, yökäyttö 1,07
n_a	on poistoilmanlämmöntalteenoton vuosihyötysuhde

Vertailulämpöhäviön laskennassa käytetään poistoilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteena 45 %:a [6]. Vertailuarvon ja suunnitteluratkaisun laskennassa käytetään samoja käyntiaikoja. Suunnitteluratkaisun vuosihyötysuhteena on käytetty 70 %:a, jotta vertailuarvon lämpöhäviötasoon päästään. Nykyään regeneroivilla pienillä omakotitalojen ilmanvaihtokoneilla päästään yli 70 %:n lämmöntalteenoton hyötysuhteeseen poistoilmanvaihdossa.

Lämpöhäviöiden laskennan tuloksia verrataan vertailuratkaisun lämpöhäviöitä. Suunnitteluratkaisun lämpöhäviöt eivät saa ylittää vertailuratkaisun lämpöhäviötä. Tasauslaskennan periaate on esitettyä kuvassa 2.



Kuva 2. Lämpöhäviöiden tasauslaskennan periaate [10]

2.3.2 Rakennuksen energiankulutuksen mallintaminen

Kun rakennuksen energiankulutus mallinnetaan riittävän tarkasti, voidaan mallinnusta käyttäen tehdä tarkkoja lämmitysjärjestelmien kustannusvertailuja.

Rakennuksen energian ja ostoenergian kulutus voidaan laskea rakentamismääräyskoelman D5, D3 tai SFS-standardien tai muiden yksityiskohtaisempien laskentamenetelmien avulla. Laskennassa otetaan huomioon rakennuksen sijainti ja sen suunniteltu käyttö. [6]

Rakentamismääräyskokoelman D5 laskennassa käytössä on energiatasemenetelmä, jossa energiankulutus lasketaan kuukausittain. Laskennassa käytetään yleensä kuukausittaisia keskimääräisiä arvoja ja osa annetaan vuosittaisina arvoina, jolloin kuukausittaiset arvot lasketaan vuosiarvoista kuukausien pituuksien suhteessa.

Energiankulutuksen laskenta etenee seuraavissa vaiheissa (taulukko 4). Sulkumerkein on esitetty rakentamismääräyskokoelman D5 kohdat, jota laskennassa noudatetaan.

Taulukko 4. Energiankulutuksen laskennan vaiheet D5:n määräysten mukaan [7]

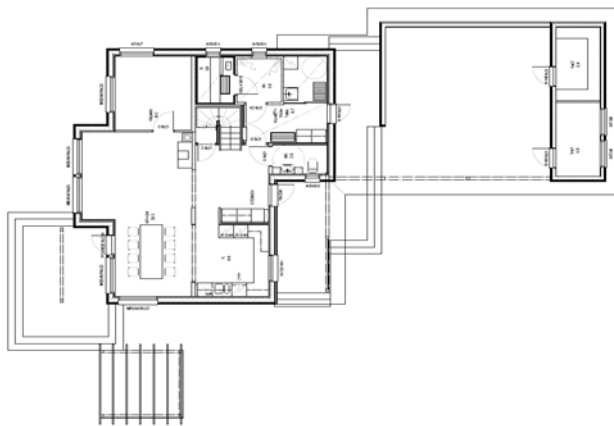
Laskennan vaiheet	
1	lämpöhäviöenergiat (Vaippa, vuotoilma ja ilmanvaihto) (luku 4)
2	käyttöveden lämmitystarve (luku 5)
3	lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat (luku 6)
4	laitesähköenergiankulutus (luku 7)
5	lämpökuormat (luku 8)
6	jäähdytysenergian tarve ja kulutus sekä kesäajan sisälämpötila (liite 2)
7	lämmitysenergiankulutus (luku 3)
8	rakennuksen energiankulutus (luku 3)
9	ostoenergiankulutus (luku 3)

Esimerkkikohteen energiataselaskelmat on esitetty liitteessä 1. Energiaselvityksen tuloksia on käytetty lämmitysjärjestelmien vertailun toteutuksessa. Vertailu on perustettu D5:n mukaiseen ET-luvun, eli energiatodistusluvun määrittämiseen.

3 Kustannuslaskelmien lähtötiedot

3.1 Kohteen tiedot

Vertailulaskelmat tehdään rakennettavaan kohteeseen, ja käytössä on lämmitysjärjestelmien vertailun tekemistä varten arkkitehdin luonnospohja. Talosta on tarkoitus rakentaa harjakatolla varustettu pientalo. Kiinteistössä on erillinen kylmä varastorakennus. Energiankulutuslaskelmat on tehty esimerkkikohteen tietoja käyttäen (kuva 3, kuva 4 ja taulukko 5). Energiataselaskelma on esitettyä liitteenä 1.



Kuva 3. ARK-luonnospohja 1. krs



Kuva 4. ARK-luonnospohja 2.krs

Taulukko 5. Esimerkkikohteen talon tekniset tiedot

Talon tiedot	
kerrosala	185,2 m ² + VAR 16,3 m ²
huoneistoala	160,7 m ²
huonekorkeus	2600 mm
kerrokorkeus	3000 mm

3.2 Investointien arviointi

Hankintakustannukset vaihtelevat voimakkaasti eri valmistajien tuotteiden välillä. Lämmön tuotantolaitteissa on suuriakin hinta- ja laatueroja, jotka on pyrittävä ottamaan huomioon suunnittelussa. Hyötysuhteet vaihtelevat usein eri valmistajien laitteissa, vaikka niitä käytettäisiin samoissa olosuhteissa samalla tavalla. Investointien suuruutta arvioitaessa on pyritty hintaluokkaan, jolloin järjestelmä voidaan toteuttaa laadukkailla laitteilla ja asennuksentasolla. Huollontarve ja todellinen laitteistojen käyttöikä vaihtelevat aina tapauskohtaisesti. Huollontarve ja käyttöikä on arvioitu pääosin kokemusperäisesti.

Kustannusten määrittelyssä on käytetty laitevalmistajien tarjouksia, hintavertailuja ja kokemusperäisiä arvioita. Apuna investointikustannusten määrittelyssä ovat olleet myös kokeneet LVI- ja sähkösuunnitteluinsinöörit.

4 Lämmitysmuodot ja niiden tukijärjestelmät

4.1 Sähköpatterilämmitys

Suorassa sähkölämmityksessä lämpö tuotetaan aina tilakohtaisella yleensä itsenäisellä sähkölämmittimellä. Suora sähkölämmitys voidaan toteuttaa esim. sähköpattereilla, öljytäytteisillä sähköpattereilla, kattolämmityksellä tai lattialämmityksenä [9, s. 168].

Suoralla sähkölämmityksellä lämmitettävien uusien pientalorakennusten osuus uusista koko pientalojen uudistuotannosta oli vuonna 2011 noin 15 %.

Lämmitysjärjestelmien vertailussa on arvioitu vain sähköpattereilla toteutettua lämmitysjärjestelmää. Suora sähkölämmitys on investointikustannuksiltaan edullinen. Järjestelmän hyviin puoliin kuuluvat helppokäyttöisyys ja säädettävyyys. Huonoina puolina järjestelmässä ovat korkeat käyttökustannukset. Tulevaisuudessa energiamääräysten kiristyessä pelkkään sähköiseen patterilämmitykseen perustavan järjestelmän käyttöön tulee esteitä. Energiakulutukseltaan keskimääräisissä taloissa sähkölämmityksellä ei päästä energiatehokkuusvaatimukseen. Sähkölämmityksen suosio voi kuitenkin kasvaa esimerkiksi passiivi- tai matalaenergiarakentamisen yleistyessä, jolloin lämmitysenergiankulutus on niin vähäistä, etteivät hienompiin lämmitysjärjestelmiin tehtävät suuret investoinnit kannata.

Kustannukset on arvioitu ns. tavallisen sähköpatterilämmitysjärjestelmän tekniikalla toteutetuksi taulukossa 6. Sähköliittymän kustannusta ei ole otettu huomioon, koska kaikille järjestelmävaihtoehdoille on sama 3 x 25 ampeerin sähköliityntäkustannus.

Taulukko 6. Sähköisen lämmitysjärjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
sähköinen lämmitysjärjestelmä	5 000 €
sähköisen lämmitysjärjestelmän huolto	50 €/a

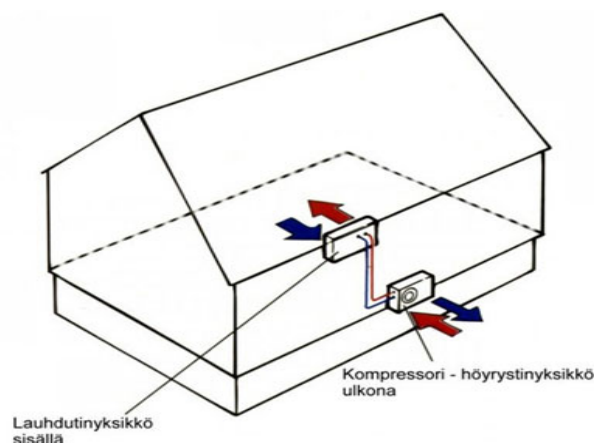
Kustannusarvio järjestelmälle sisältää keskuslähdöt, putkitukset, johdatukset, sähköpatterit, sähköiset lattialämmitykset märkätiloissa, käyttövesivaraajan ja asennukset. Huoltokustannusten arviointi perustuu satunnaisesti tehtäviin korjaustoimenpiteisiin.

4.2 Sähköinen patterilämmitys ja ilma-ilmalämpöpumppu

Sähkölämmitysjärjestelmän osaksi on helppo liittää ilma-ilmalämpöpumppu palvelemaan tilojen lämmitystä. Ilma-ilmalämpöpumppu on investointikustannuksiltaan edullinen, ja sen oikeaoppisella käytöllä voidaan vähentää reilusti tilojen lämmitykseen tarvittavaa sähköenergiaa. Järjestelmän kustannukset on arvioitu taulukossa 7.

Ilma-ilmalämpöpumppujen suosio on kasvanut viime vuosina jyrkästi. Ilma-ilmalämpöpumppu kerää ulkoilmasta lämpöä ulos sijoitetun puhallinhöyrystimen avulla ja luovuttaa lämmön puhallin-lauhdutinyksikön avulla sisäilmaan (kuva 5). [11 s. 11]

Lämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäaineen kiertoon höyrystimen ja lauhduttimen välillä. Höyrystimen alhaiseen paineeseen vapautunut ja voimakkaasti jäähtynyt kylmäaine kerää lämpöä itseensä ja höyrystyy. Höyrystynyt kylmäaine sitten puristetaan kompressorilla korkeaan paineeseen, jolloin se lämpenee voimakkaasti. Kuumentunut ja korkeapaineinen kylmäaine johdetaan lauhduttimelle, jossa se luovuttaa lämpönsä sisäilmaan tai lämmitysjärjestelmään ja nesteytyy. Lauhtunut kylmäaine nesteytyy, ja se johdetaan paineenalennusventtiilille, jossa sen lämpötila paineen laskiessa laskee rajusti. [11 s. 11]



Kuva 5. Ilma-ilmalämpöpumpun toimintaperiaate [12]

Ilma-ilmalämpöpumpun käyttö vaatii ostajaltaan huolenpitoa. Lämpöpumpun toimintaa tulee tarkkailla ja suodattimia puhdistaa [11, s. 59]. Laitteiden lämpökertoimet ovat

useimmiten Suomen olosuhteissa 1,8–2,2 [13]. Lämpökertoimella tarkoitetaan tuotetun lämpöenergian ja lämmöntuottamiseen käytetyn energian suhdetta.

Ilmanvaihdon tuloilman- ja käyttöveden lämmitys jää järjestelmässä sähköllä lämmitettäviksi. Ilmalämpöpumpulla voi säästää Suomen olosuhteissa omakotitalon huonetilojen lämmitysenergiankulutuksesta 30–40% sisäyksikön sijoituksesta ja laitteen koosta riippuen [11, s. 58].

Laskelmissa lämpöpumpun vuotuiseksi lämpökertoimeksi on arvioitu 2. Lämpöpumpun on arvioitu voivan vähentää tilojen tarvitseman suoransähkölämmityksen sähkölämmitysenergian määrää 35 %. Laskelmissa on arvioitu tilannetta, jolloin laitetta ei kesäisin käytetä jäähdytykseen. Jäähdytyskäytöllä saadaan kustannussäästöt usein mitätöityä.

Ilma-ilmalämpöpumppujen suosion kohtuullisen äkillinen kasvu johti osaltaan puutteellisiin asennuksiin ja Suomen oloihin vääränlaisten laitteiden maahantuontiin. Tekniikan yleistymisen myötä myös laatu on parantunut. Laitteen tekninen käyttöikä on arvioitu laskelmissa 10 vuoteen. Tekninen käyttöikä voi kuitenkin vaihdella rajusti. Laitteelle on arvioitu kohtuullisen suuret huoltokustannukset laitteissa ilmenneiden vikojen vuoksi. [14, s. 61.]

Taulukko 7. Järjestelmän kustannusarviointi

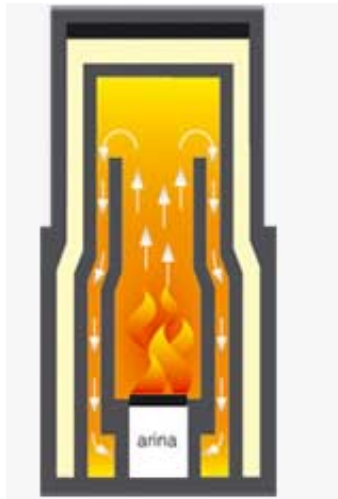
Kustannusarvio	Hinta
sähköinen lämmitysjärjestelmä	5 000 €
sähköisen lämmitysjärjestelmän huolto	50 €/a
ilma-ilmalämpöpumppu	1 500 €
ilma-ilmalämpöpumpun asennus	500 €
ilma-ilmalämpöpumpun huolto	50 €/a

4.3 Sähköinen patterilämmitys ja varaava takka

Lähes poikkeuksetta uusiin pientaloihin asennetaan varaava takka. Puulla tuotetun lämmön osuus on omakotitaloissa ja maataloilla jopa 40 % [14, s. 105]. Puulämmityksen suuri osuus lämmitysenergiankulutuksessa johtuu sen käytöstä toissijaisena lämmönlähteenä usein sähkölämmitystä täydentäen [14, s. 109]. Varaavan takan hankkiminen pelkästään lämmityskustannuksien säästöjä tuottavana sijoituksena ei useimmiten ole taloudellisesti kannattavaa. Investointikustannukset ovat varaavissa takoissa suuria.

Hyvän varaavan tulisijan hyötysuhde voi olla jopa 80–85 %. Kuvassa 6 on esitetty varaavan takan toiminta. Sopivan kokoisesta laadukkaasta tulisijasta oikein käytettynä voidaan saada yli kolmannes vuotuisista tilojen lämmitysenergian tarpeesta katetuksi [15].

Puu on kotimainen ja uusiutuva polttoaine. Puu on myös mitä tehokkain aurinkoenergian hyödyntämismuoto, jossa auringon energia on sitoutunut siihen puun kasvaessa [15].



Kuva 6. Normaali varaavan takan kierto [16]

Tehokkaassa puulämmityksessä tulisi puut pinota vaakasuoraan ja sytyttää ne päältäpäin. Päältä sytytettäessä puun palokaasut nousevat liekkiin ja palavat tehokkaasti.

Päältä sytytettäessä palamisprosessi on tehokkaampi ja puhtaampi. Mitä vaaleampaa savua piipusta tulee, sitä tehokkaampi on puun palaminen. [14, s. 107–109.]

Laskelmissa tulisijan hyötysuhteena on käytetty 80 %. Puulämmityksen kannattavuuteen vaikuttaa vahvasti puun hankintahinta, joka vaihtelee laajasti paikkakunnittain.

Varaavien takkojen hinnat vaihtelevat paljon. Laskelmissa on käytetty kohtuullisen edullisen vuolukivitakan hintaa sisältäen takan, hormituksen, pellitykset, läpiviennit ja piipun. Järjestelmän kustannusarvio on esitetty taulukossa 8. Huoltokustannukseksi on arvioitu 50 € vuodessa. Varaavan takan tekniseksi käyttöiäksi on arvioitu laskennassa 20 vuotta. Polttopuukustannukset on arvioitu sekapuulle tehollisella lämpöarvolla 1300 kWh/m³. Takanpoltoon liittyvään omalle työpanokselle ei ole laskettu kustannusta. Tilojen lämmitysenergian tarpeen vähentäminen 33 %:lla vaati lämmityskaudella takan polttoa päivittäin.

Taulukko 8. Järjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
sähköinen lämmitysjärjestelmä	5 000 €
sähköisen lämmitysjärjestelmän huolto	50 €/a
varaava takka	7 000 €
piipun nuohous	50 €/a

4.4 Sähköpatterit, ilma-ilmalämpöpumppu ja varaava takka

Ilma-ilmalämpöpumppu sopii erinomaisesti varaavan takan rinnalle tukijärjestelmäksi sähköpatterilämmitykseen. Ilma-ilmalämpöpumppu tulisi sijoittaa siten, että se tehokkaasti levittää takan lämpö ympäri asuntoa. Järjestelyssä tulisi pyrkiä sallimaan ilman esteetön kulkeutuminen ympäri rakennusta. [14, s. 59–61.]

Kylmimmillä pakkasilla ilma-ilmalämpöpumpun hyötysuhteen laskiessa rajusti takan käytön merkitys korostuu. Järjestelyssä on arvioitu, että tilojen tarvitseman sähkölämmityksen energiankulutuksesta pystytään kattamaan takalla 33 % ja ilmalämpöpumpulla taas säästämään 35 %. Omalle työlle ei ole kustannusarvioinnissa laskettu hintaa. Kustannusarvio on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Järjestelmän kustannukset

Kustannusarvio	Hinta
sähköinen lämmitysjärjestelmä	5 000 €
sähköisen lämmitysjärjestelmän huolto	50 €/a
varaava takka	7 000 €
piipun nuohous	50 €/a
ilma-ilmalämpöpumppu	1 500 €
ilma-ilmalämpöpumpun asennus	500 €
ilma-ilmalämpöpumpun huolto	50 €/a

4.5 Varaava sähkölämmitys

Varaavassa järjestelmässä lämpö varastoidaan varaajaan tai varauskapasiteettia omaavaan rakenteeseen, josta se voidaan purkaa tarvittaessa [9, s. 170]. Varaava sähkölämmitysjärjestelmä mahdollistaa sähkölaitoksien tarjoaman edullisemman yö-sähkön käytön. Varaavassa sähkölämmityksessä pyritään hyödyntämään edullisempaa yösähkön hintaa lämmittämällä varaajaa öiseen aikaan. Vesivaraajaan tapahtuva energianvarastointi lisää huomattavasti investointikustannuksia verrattuna esimerkiksi sähköiseen patterilämmitykseen. Vesivaraajaan ladattavaan energiaan perustuva järjestelmä vaatii vesikiertoisien lämmitysjärjestelmän asennuksen, joka on investointikustannuksiltaan erillisiä sähkölämmittämiä huomattavasti kalliimpi. Järjestelmän kustannusarvio on esitetty taulukossa 10. Varaavan sähkölämmityksen kannattavuus on viime aikoina heikentynyt päivä- ja yösähkön hintaerojen kaventuessa. [11, s. 16–17.]

Kustannusarvioinnissa on arvioitu vesikeskuslämmitystä. Lämmitysjärjestelmän hinta on aina talokohtainen. Kustannukset on arvioitu vesikiertoisella lattialämmityksellä toteutettavalle lämmitysjärjestelmälle. Kustannuksia on arvioitu 1000 l:n vesivaraajalla.

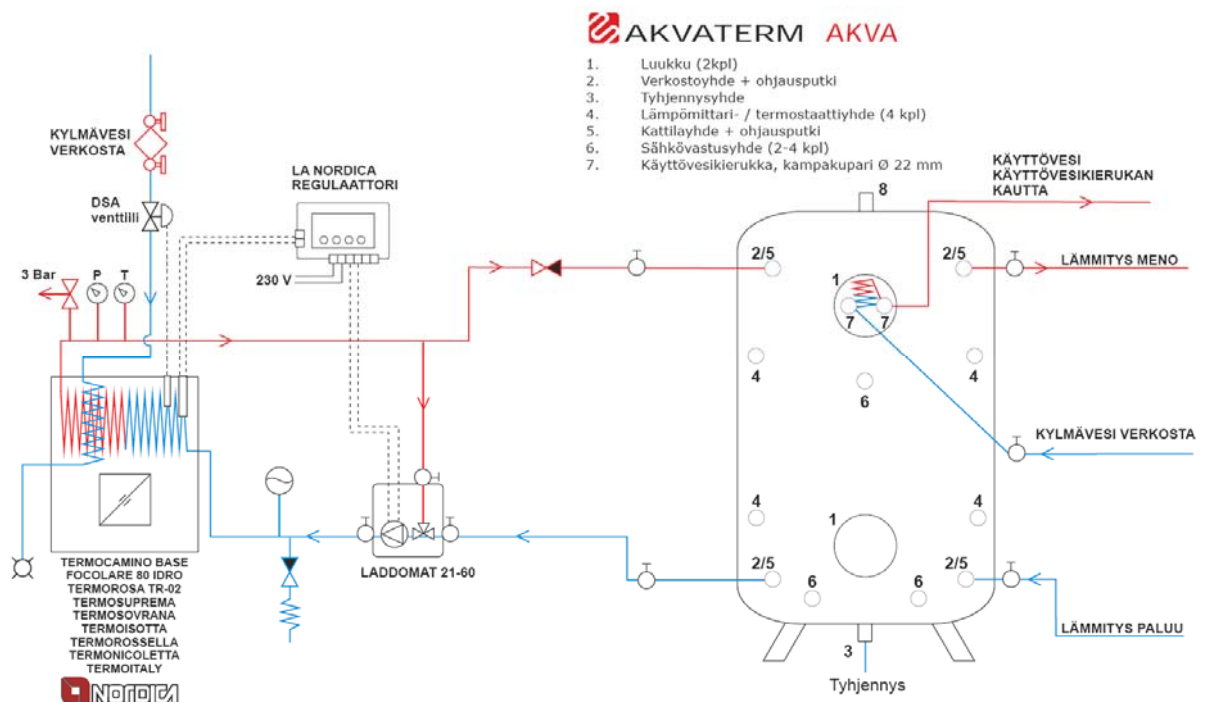
Taulukko 10. Järjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	3 000 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	50 €/a

Lämmönjakelujärjestelmän kustannukset sisältävät termostaatti anturit, jakotukit, lattia-putkistot ja jakeluputkistot. Lämmöntuotantokustannukset sisältävät sähkövastukset, putkivarusteet, varaajan ja säätölaitteiston. Kustannusarvioissa on otettu asennuskustannukset huomioon.

4.6 Varaava sähkölämmitys ja vesitakka

Vesitakalla mahdollistetaan takan tuottaman lämpöenergian tehokas hyödyntäminen. Vesitakkajärjestelmän kytkentäperiaate on esitettyä kuvassa 7. Takkaan varastoitunutta lämpöä siirretään vesikiertoisesti rakennuksen lämmitysjärjestelmään. Tuotettu lämpö varastoidaan vesivaraajaan, josta lämpöä jaetaan eteenpäin. Varaajaan varastoitava lämpö takasta vähentää sähkövastuksien sähkönenergian kulutusta. Tehokkaalla lämmönsiirtimellä voidaan siirtää jopa 50 % takan tuottamasta lämpöenergiasta kiertoveteen [18].



Kuva 7. Vesitakan toimintaperiaate Tulituote Oy:n paketilla [17]

Vesitakan oikealla käytöllä on arvioitu pystyttävän kattamaan 35 % lämmityksen kokonaisenergiatarpeesta. Vesitakan prosentuaaliseen osuuteen vaikuttaa voimakkaasti takan käyttötavat. Vesitakan lämmitysosuudeksi on arvioitu noin 20 kg päivittäisellä polttopuiden poltolla. Tulisijapiiri vaatii oman pumppunsa ja säätöautomaattikkansa. Vesitakan tekniseksi käyttöiäksi on arvioitu 20 vuotta.

Vesitakan hankintakustannukset ovat useimmiten varaavia takkoja edullisempia ja muodostavatkin siksi varteenotettavan vaihtoehdon varaavalle takalle. Vesitakkajärjestelmät ovat Suomessa verrattain uusia, eikä käyttökokemuksia järjestelmästä vielä ole paljoa. Vesitakat sopivat erityisen hyvin matalaenergia- ja passiivirakennusten lämmitykseen, koska sillä pystytään kattamaan niissä merkittävä osa lämmitystarpeesta [18].

Kustannusarvio pitää sisällään vesikiertoisen lattialämmitysjärjestelmän, varaajan, vesitakan, automaatiikan, putkivarusteet (taulukko 11).

Taulukko 11. Järjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	3 000 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	50 €/a
vesitakka	7 000 €
piipun nuohous	50 €/a

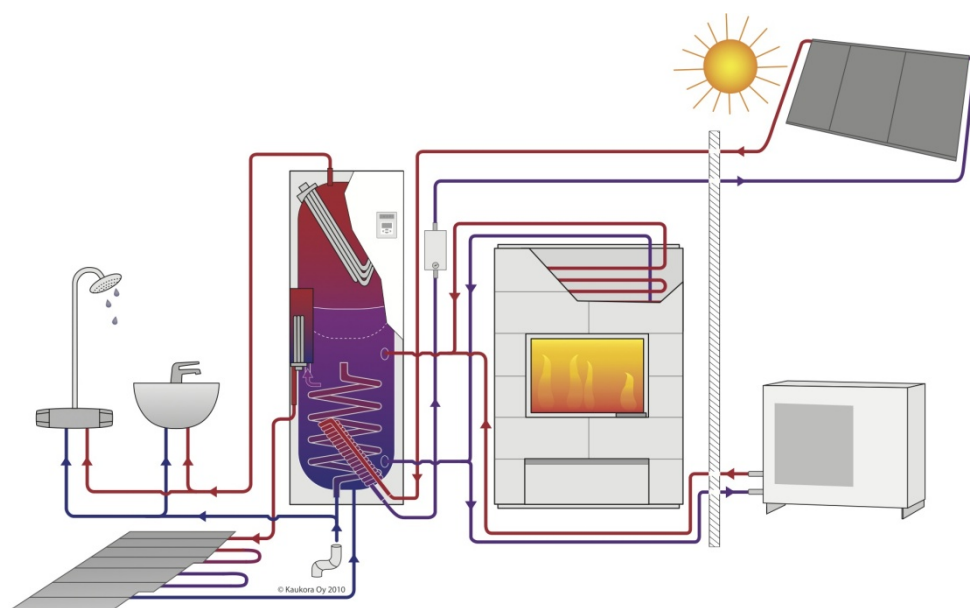
Vesitakan hankintakustannukset ovat hieman varaavia takkoja edullisemmat. Vesitakka vaatii kuitenkin oman automaattikkansa, pumppunsa, varolaitteensa ja putkituksensa. Laskelmissa on arvioitu, että kokonaisuudessaan vesitakan kustannukset nousevat varaavan takan kanssa samalle tasolle.

4.7 Varaava sähkölämmitys, vesitakka ja aurinkokeräimet

Aurinkolämmitys ja takkalämmitys sopivat hyvin vuorovaikutuslämmitykseen, jossa kesäisin pyritään lämmittämään aurinkoenergialla ja talvella takalla polttopuita polttamalla.

Vesilämmitysjärjestelmään sopii erinomaisesti myös vesitakan yhdistäminen ilma-vesilämpöpumppuun ja aurinkokeräinjärjestelmään [18]. Järjestelmän kytkentäperiaate on esitetty kuvassa 8. Järjestelmän yhdistämistä ilma-vesilämpöpumppujärjestelmään käsitellään luvuissa 4.10 ja 4.11. Oikein mitoitettulla aurinkokeräinjärjestelmällä saadaan katettua parhaimmillaan noin 25–35 % rakennuksen lämmitysenergian tarpeesta [14, s. 97].

Aurinkoisina jaksoina lämmöntarve voidaan kattaa aurinkoenergialla ja talvella suurilta osin vesitakkajärjestelmällä. Tarvittava lisälämpö tuotetaan sähkövastuksilla. Aurinkokeräinten ja vesitakan yhteiskäytöllä on laskelmissa arvioitu voitavan kattaa lämmön kokonaiskulutuksesta 60 %. Laskelmissa on oletettu, että aurinkoenergialla voidaan kattaa 25 % ja vesitakalla 35 % lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta. Lämmöntuotantojärjestelmien tekniseksi käyttöiäksi on laskelmissa arvioitu 20 vuotta.



Kuva 8. Aurinkokeräimien, vesitakan ja (ilma-vesilämpöpumpun) kytkentäperiaate [19]

Aurinkokeräinpiiriin lisääminen lämmöntuotantojärjestelmään vaatii lisäinvestointeja mm. varaajan tekniikalta. Aurinkokeräinten kustannukset perustuvat tyypillisen omakotitalon tyhjiöputkikeräinten hankintahintaan ja asennukseen katolle. Investoinnit sisältävät myös putkitukset keräimille, pumpun sekä ohjauksen. Järjestelmän kustannus arvio on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Järjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	3 500 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	50 €/a
vesitakka	7 000 €
piipun nuohous	50 €/a
aurinkokeräimet	4 500 €
aurinkokeräinten huolto	50 €/a

4.8 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumput ovat huomattavasti ilmalämpöpumppuja tehokkaampia, mutta investointikustannukseltaan kalliimpia. Maalämpö on kesällä ympäristöön varastoitunutta aurinkoenergiaa. Lämpöä kerätään maahan, kallioon tai vesistöön upotetulla keruuputkistolla, jossa virtaa jäätymätön liuos [20]. Keruuputkiston toimintaperiaate on esitetty kuvassa 9. Maalämpöjärjestelmien suosio on lähivuosina kasvanut tasaisesti. Maalämpö kuuluu nykyään pientalon uudisrakentajan suosituimpiin lämmitysratkaisuihin (ks. kuva 1). Maalämpöpumpun lämmöntuotanto perustuu samaan prosessiin kuin muillakin lämpöpumpuilla. Lämpöpumpun toimintaperiaate on selostettu luvussa 4.2.

Maalämpöpumppujen vuositason lämpökertoimet vaihtelevat 2,6:n ja 3,6:n välillä. Maalämpöjärjestelmä soveltuu parhaiten matalalämpötilaiseen järjestelmään, kuten lattialämmitykseen. Lämpöpumpun prosessiin liittyvien lauhtumis- ja höyrystymislämpötilojen vaikutus laitteiston hyötysuhteeseen on suuri. Lauhtumislämpötilan ollessa alhainen (+35–40 °C) ja höyrystymislämpötilan (0... +3 °C) korkea lämpöpumppu käy hyvällä lämpökertoimella. Mitä korkeammaksi lämpöpumppu joutuu nostamaan lauhtumislämpötilaa, sitä enemmän kompressorin tekee työtä ja kuluttaa sähköenergiaa. Käyttöve-

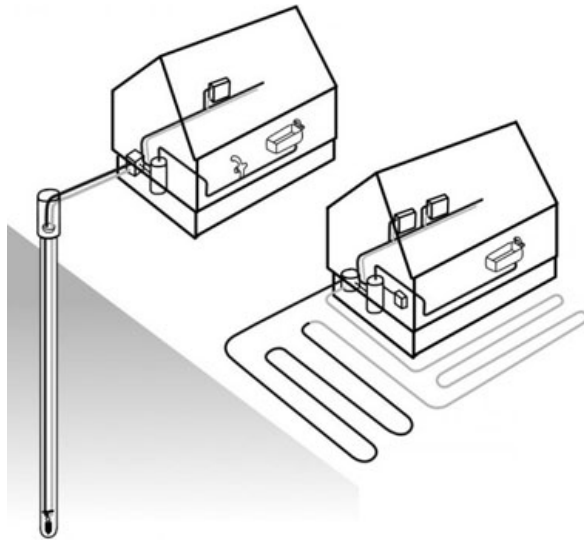
den loppukuumennus ja huippupakkasten lämmitystarve hoidetaan useimmiten sähkövastuksilla. [20]

Todellisuudessa lämpökertoimet ovat aina teoreettisia laskennallisia arvoja matalampia. Käytännössä hyvin mitoitetun järjestelmän lämpökerroin on useimmiten noin 3 [9, s. 22]. Maalämpölaitteiston lämpökertoimena on laskelmissa käytetty arvoa 3.

Rantatontilla voi olla edullisinta upottaa putkisto vesistön pohjaan. Keruuputkiston kustannukset määräytyvät voimakkaasta maaperän laadun mukaan. Lämpöpumppu voi olla mahdoton asentaa tai kannattamaton harjualueella, kivikoissa, soramaalla tai silloin, kun tarvitaan porakaivo ja peruskallio on kohtuuttoman syvällä [9, s. 63.]. Keruuputkiston valinnassa huomioon otettavia asioita on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Maalämmön keruuputkiston valintaa huomioon otettavia asioita

Maaperäputkisto	Porakaivo
- tontilla riittävä tila keruuputkistolle	- keruuputkiston upotus mahdoton
- piha-alue ei istutettu	- pihalla istutuksia, joista ei haluta luopua
- maa helppoa kaivaa, peruskallio syvällä	- peruskallio ei ole syvällä
- ei suuria kiviä	- tontilla vähän tilaa
- hyvin lämpöä johtava maaperä	



Kuva 9. Maalämmön keruuputkiston periaatekuva [21]

Maalämmöllä lämmitettävän kiinteistön lämmitys esimerkiksi varaavalla takalla on harvoin kustannuksellisesti kannattavaa, jos puuta ei saada ilmaiseksi omasta takaa. Alla olevalla kaavalla voidaan arvioida, kannattaako puuta polttaa.

$$h_{\text{polttopuu,osto}} = \frac{1}{3} h_{\text{sähkö}}$$

$h_{\text{polttopuu,osto}}$ on polttopuiden käytön kannattavuusraja €/kWh

$h_{\text{sähkö}}$ on sähkön hinta €/kWh

$\frac{1}{3}$ on maalämpöpumpun lämpökerroin 3

Laskennassa kustannukset on laskettu maaputkistolle ja porakaivolle erikseen. Todellisuudessa lämmön keruutapa valitaan parhaiten soveltuvaksi kyseiselle tontille. Laskennassa laitteiston tekniseksi käyttöiäksi on arvioitu 20 vuotta.

Pientalon rakentajat haluavat usein varustaa talonsa takalla, vaikkei sitä varsinaisena lämmönlähteenä käytetäkään. Varaavan takan investointikustannukset on huomioitu osassa kustannusvertailuista.

Maaputkisto on kustannuksiltaan useimmiten porakaivoa edullisempi. Lämmöntuotanto kustannuksiin sisältyy lämpöpumppu, putkikytkennät, putkistovarusteet ja säätöautomaatiikka. Maalämmössä keruuputkiston asennus vaikuttaa voimakkaasti hintaan. Maaperän laatu ja tyyppi vaikuttavat myös hintatasoon. Järjestelmän kustannusarvio on esitetty taulukossa 14.

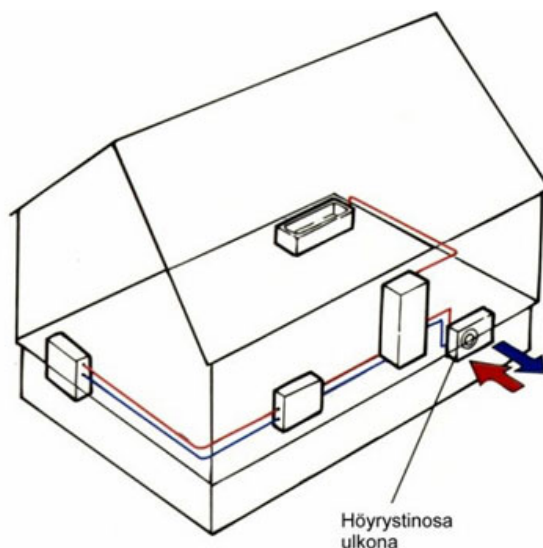
Taulukko 14. Järjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	9 000 €
keruuputkisto (maaperä)	5 000 €
keruuputkisto (porakaivo)	8 000 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	100 €/a
(varaava takka)	7 000 €
piipun nuohous	50 €/a

Varaavan takan investointikustannus on lisätty vain laskelmiin, joissa käsitellään takalla varustettuja lämmitysjärjestelmiä.

4.9 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpun ero maalämpöpumppuun on se, että lämpö kerätään, samoin kuin ilma-ilmalämpöpumpulla, suoraan ulkoilmasta. Järjestelmässä ilma-vesilämpöpumppu liitetään osaksi vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Järjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 10. Ilma-vesilämpöpumppujen ongelmana on heikentävä hyötysuhde ulkoilman kylmetessä, jolloin lämmöntarve on suurin. Tarvittava lisä lämpöenergia joudutaan tuottamaan sähkövastuksilla tai muulla järjestelmällä. Motivan arvion mukaan ilma-vesilämpöpumppu voisi tuottaa arviolta 40–60 % rakennuksen lämmitysenergiankulutuksesta (3, s. 18).



Kuva 10. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate [22]

Ilma-vesilämpöpumppujen käyttö Suomessa on vielä kohtuullisen uutta, eikä tarkkaa tutkimustietoa sen soveltuvuudesta vielä ole. Etuina maalämpöpumppuun on halvempi investointi. Haittana laitteen käytölle on heikentyvä hyötysuhde kovemmillä pakkasilla ja jäätyminen [14, 78–79]. Laskelmissa ilma-vesilämpöpumpun on arvioitu säästävän 40 % lämmityskustannuksista. Ilma-vesilämpöpumpun tekniseksi käyttöiäksi on arvioitu 15 vuotta.

Ilma-vesilämpöpumpun toiminta perustuu samaan prosessiin kuin muidenkin lämpöpumppujen. Lämpöpumpun toiminta on selostettu luvussa 4.2 Sähköinen patterilämmitys ja ilma-ilmalämpöpumppu.

Kustannuksia arvioinnissa lämmöntuotantojärjestelmän kustannukset sisältävät sähkövastukset, varaajan ja säätölaitteiston. Ilma-vesilämpöpumpun investointikustannukset koostuvat lämpöpumpusta, lämmönsiirtimestä, säätimistä ja kytkennöistä varaajaan. Kustannusarvio on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Järjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	3 000 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	50 €/a
ilma-vesilämpöpumppu	5 500 €
ilma-vesilämpöpumpun huolto	100 €/a

Ilma-vesilämpöpumpun huoltokustannukset on arvioitu kohtuullisen suuriksi uuden tekniikan vuoksi.

4.10 Ilma-vesilämpöpumppu ja vesitakka

Järjestelmäratkaisussa on arvioitu, että ilma-vesilämpöpumpulla ja vesitakalla voidaan tuottaa yhteensä 85 % kiinteistön lämmitysenergiankulutuksesta. Laskelmissa on arvioitu, että lämmitysenergiasta 25 % tuotetaan vesitakalla ja lämmityksen sähkönkulutuksesta säästetään 40 % ilma-vesilämpöpumpulla. Järjestelmän kustannuksia on arvioitu taulukossa 16.

Taulukko 16. Järjestelmän kustannukset

Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	3 500 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	50 €/a
ilma-vesilämpöpumppu	5 500 €
ilma-vesilämpöpumpun huolto	100 €/a
vesitakka	7 000 €
piipun nuohous	50 €

4.11 Ilma-vesilämpöpumppu, vesitakka ja aurinkokeräimet

Yhdistelmäjärjestelmässä on arvioitu, että ilma-vesilämpöpumpulla, aurinkokeräimillä ja vesikiertoisella takalla voidaan tuottaa yhteensä 90 % kiinteistön lämmitysenergian kulutuksesta. Laskelmissa on arvioitu, että lämmitysenergiasta 25 % tuotetaan vesitakalla, 25 % aurinkokeräimillä ja 40 % "säästetään" energiankulutuksesta ilma-vesilämpöpumpulla. Varaava sähkölämmitys-, vesitakka- ja aurinkokeräinjärjestelmän, kytkentäperiaate on esitetty kuvassa 8 (luku 4.7). Järjestelmän kustannusarvio on esitetty taulukossa 17.

Taulukko 17. Järjestelmän kustannukset

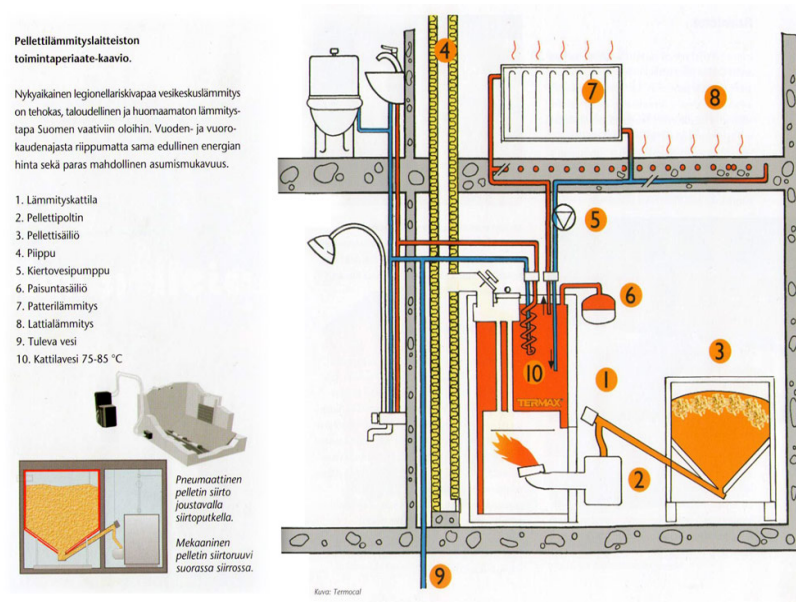
Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	3 500 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	50 €/a
ilma-vesilämpöpumppu	5 500 €
ilma-vesilämpöpumppun huolto	100 €/a
vesitakka	7 000 €
piipun nuohous	50 €
aurinkokeräimet	4 500 €
keräinten huolto	50 €

4.12 Pellettilämmitys

Pellettilämmitys perustuu teollisuudessa syntyneiden sahanpurujen ja lastujen puristamiseen pieniksi puupapanoiksi. Pellettilämmitysjärjestelmän kytkentäperiaate on esitetty kuvassa 11. Lämmitysspelletin energiasisältö on huomattavasti polttopuuta suurempi ja vie siten vähemmän varastointitilaa [14, s. 69–70]. Pellettilämmityksen haittapuolina ovat kohtuullisen suuri huollontarve ja korkeat laiteinvestoinnit [14, s. 72].

Pellettilämmitys kilpailee asiakkaista pääosin maalämpöpumppujärjestelmien kanssa. Lähivuosina pellettilämmityksen suosio on jäänyt maalämpöjärjestelmille selvästi (ks. kuva 1). Syynä pellettilämmityksen heikohkoon kysyntään on ollut mm. pellettien hinnan nouseminen öljyn ja sähkön hintojen mukana, lämmityssähkön edullisuus Suomessa ja maalämpölaitteiden maine huoltovapaampana ja varmempana vaihtoehtona. Pellettilämmityksen suosioon tulevaisuudessa vaikuttaa voimakkaasti etenkin lämmityssähkön hintakehitys. [23]

Pellettilämmityksen hintaan vaikuttaa voimakkaasti järjestelmän automaation taso. Suuremmilla laiteinvestoinneilla joutuu harvemmin huoltotoimenpiteisiin. Investointeihin kuuluu lisäksi pellettisiilo, joka tarvitaan pellettien varastoimista varten. [14, s. 71.]



Kuva 11. Pellettilämmitysjärjestelmän periaatekaavio [24]

Pelletillä lämmitettävän kiinteistön lämmitys esimerkiksi varaavalla takalla on harvoin kustannuksellisesti kannattavaa, jos puuta ei saada ilmaiseksi omasta takaa. Puunpolton kannattavuutta voidaan arvioida alla olevalla kaavalla. Varaavan takan investointikustannukset on huomioitu osassa kustannusvertailuista. Järjestelmän kustannusarvio on esitetty taulukossa 18.

$$PA_{\text{polttopuu,osto}} = \frac{PA_{\text{pelletti osto}}}{Q_{\text{pelletti}} n_{\text{pelletti kattila}}} n_{\text{takka}} Q_{\text{puu}}$$

$PA_{\text{pelletti osto}}$	on puupelletin hinta €/kg
$PA_{\text{polttopuu,osto}}$	on polttopuiden hinta €/m ³
n_{takka}	on takan vuosihyötysuhde (0,7)
$n_{\text{pelletti kattila}}$	on pellettitakan vuosihyötysuhde (0,8)
Q_{puu}	on puun tehollinen lämpöenergia – arvo, pilkkeet havu, sekapuu 1300 kWh/pino, m ³ ,
Q_{pelletti}	on puun tehollinen lämpöenergia – arvo, pilkkeet koivu 4,7 kWh/kg

Pellettilämmityksen kustannuksia arvioitaessa järjestelmän tekniseksi käyttöiäksi on arvioitu 20 vuotta.

Taulukko 18. Järjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	11 000 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	200 €/a
(varaava takka)	7 000 €
piipun nuohous	50 €

Lämmöntuotantolaitteiston suurehko huoltokustannukset johtuvat pellettipoltinlaitteiston suuresta huollontarpeesta. Varaavan takan investointikustannus on lisätty vain laskelmiin, joissa käsitellään takalla varustettuja lämmitysjärjestelmiä.

4.13 Kaukolämmitys

Kaukolämpö tuotetaan keskitetysti voimalassa, josta se jaetaan kaukolämpöverkostolla yhteisesti useille rakennuksille. Kaukolämpöä tuotetaan polttamalla polttoainetta voimalaitoksen kattilassa [14, s. 81]. Kaukolämpöä tuotetaan usein yhteistuotantona sähkön tuotannon kanssa, jolloin kolmannes polttoaineen energiasisällöstä saadaan sähköenergiaksi ja kaksi kolmannesta lämpöenergiana [9, s. 14]. Kaukolämmön hinnat ja saatavuus vaihtelevat voimakkaasti paikkakuntien ja alueiden mukaan. Usein kaukolämmitys on myös pientalon lämmitysjärjestelmää valittaessa edullinen vaihtoehto, mikäli liitäntä verkostoon on lähellä. Kaukolämmön maksut koostuvat teho ja käyttömaksuista. Kaukolämpöjärjestelmässä liitäntämaksut ja lämmönjakolaitteistot muodostavat suurimmat investointikustannukset. Kaukolämmön etuihin kuuluvat helppokäyttöisyys ja usein myös edullisuus. Kaukolämmön alakeskuslaitteiston käyttöiäksi on laskelmissa arvioitu 20 vuotta. Järjestelmän kustannusarvio on esitetty taulukossa 19.

Varaavan takan investointikustannukset on huomioitu osassa kustannusvertailuista.

Taulukko 19. Järjestelmän kustannusarvio

Kustannusarvio	Hinta
lämmönjakelujärjestelmä	7 000 €
lämmöntuotantojärjestelmä	8 000 €
lämmöntuotantojärjestelmän huolto	75 €
(varaava takka)	7 000 €
piipun nuohous	50 €

Lämmöntuotantojärjestelmän kustannukset pitävät sisällään liittymismaksut, lämmön-siirtimet, säätöventtiilit, automatiikan, putkistovarusteet, pumput ja asennukset.

5 Vertailulaskelmat

5.1 Lähtötiedot

Uudisrakentajan lämmitysjärjestelmän investoinnit rahoitetaan useimmiten lainarahalla. Järjestelmiä on tarkasteltu kertainvestointiin perustuvilla laskelmilla ja vuosikustannus menetelmällä. Kertainvestointilaskelmia sovelletaan tilanteisiin, joissa rahoittamiseen ei tarvita lainarahaa. Vuosikustannusmenetelmässä lainalla rahoitetun järjestelmän kustannukset muunnetaan yhtä suuriksi vuosittaisiksi tasaerämaksuiksi, jotka sisältävät korkokulut ja lainanlyhennyksen.

Useimpien lämmöntuotantojärjestelmien tekninen käyttöikä jää noin 15–25 vuoteen, jolloin järjestelmää uusiessa tulisi järjestelmien vertailua punnita uudestaan uusimis ajankohdan lähtökohdista. Laskelmissa käytetyt energian hinnat on esitetty taulukossa 20. Energialähteiden hintojen vaihtelu voi mullistaa laskennan lähtötilanteen nopeastikin. Esimerkiksi 2000-luvulla öljyn hinta on moninkertaistunut ja tehnyt ennen hyvin suositusta öljylämmityksestä nykyään taloudellisesti kannattamattoman (liite 2). Laskelmissa on pyritty analysoimaan erilaisia tilanteita, jotka vaikuttaisivat kustannuslaskelmiin.

Taulukko 20. Laskennassa käytetyt energian ostohinnat

Hinnat	senttiä (stn)	euroa (€)
pientalo, huonekohtainen sähkölämmitys	12,29 stn/kWh	122,9 €/MWh
pientalo, huonekohtainen osittain varaava sähkö.	11,5 stn/kWh	115 €/MWh
kaukolämmitys, liittymismaksu		3 573 €
kaukolämmitys, energiamaksu	5,4 stn/kWh	54 €/MWh
kaukolämmitys, tehomaksu	2,17 stn/kWh	21,7 €/MWh
kaukolämmitys, kokonaishinta	7,426 stn/kWh	74,26 €/MWh
lämmityspelletti	5,35 stn/kWh	53,5 €/MWh
polttopuu (havu- ja sekapuu)	5,2 stn/kWh	52 €/MWh

Taulukon 20 energiahinnat on pyritty valitsemaan keskiarvoja vastaavaksi. Työn laskelmat on pyritty tekemään vastaamaan keskiarvon mukaista tilannetta. Eri kohteiden tarkka analysointi täytyy aina toteuttaa paikkakunnan hintatasoon perustuen.

Sähkön ostoenergian hintoina on käytetty verot sisältäviä maan keskiarvohintoja (Energiamarkkinaviraston hintakehitysseuranta, liite 2, 1.4.2012). Sähkömaksujen vaihtelu taulukossa 20 johtuu yö- ja päiväenergian käytön eri suhteista. Osittain varaavan sähkölämmityksen hinnassa on huomattavasti enemmän edullisempaa yöaikaista energiankulutusta. Sähköenergian hinnat ovat liitteen 2 mukaan pientalon 3 x 25 ampeerin sulakelähdöillä varustettujen liittymien hintojen mukaisia.

Kaukolämmön ostoenergian hintoina on käytetty Energiateollisuus RY:n 24.2.2012 julkaiseman hintakehitysseurannan verot sisältäviä maan keskiarvon painotettuja hintoja (liite 2).

Pelletin ostoenergian hintoina on käytetty Pellettienergiayhdistyksen 15.3.2012 julkaisun verot sisältävää hintaa (liite 2).

Puun hinnat ja saatavuus varsinkin kovilla pakkasilla vaihtelevat rajusti. Puun hintana on käytetty laskelmissa kohtuullisen tyypillistä kotiin kuljetetun sekapuun hintaa 50€/irto-m³.

Lämmitysvertailut on tehty esimerkkipientalon energiankulutuksella. Energiankulutus on arvioitu energiaselvityksen avulla (liite 1) ja laskelmissa on käytetty Jyväskylään normitettua energiankulutusta. Energiankulutuksen jakautuminen eri järjestelmien ja tukijärjestelmien välille on arvioitu eri lähteisiin tietoihin, arvioihin ja luvussa 4 Lämmitysmuodot ja niiden tukijärjestelmät esitettyjen arvojen perusteella taulukossa 21. Todellisuudessa mitoitus ja säätöjärjestelmän toimivuus, käyttötottumukset ja järjestelmän oikeanlainen optimointi vaikuttavat kustannuksiin merkittävästi. Puulämmityksen hyödyntämisellä lämmityksessä vaikuttaa erityisen paljon se, kuinka usein tulisijaa poltetaan ja millä tavalla.

Rakennukseen tehdystä energiaselvityksestä saadaan laskennassa tarvittavat energiankulutustiedot.

Taulukko 21. Esimerkkikohteen energiankulutuksen jakauma

Energiankulutus	kWh/a
energiankulutus, lämmin käyttövesi	4 258
energiankulutus, ilmanvaihdon lämmityspatteri	4 922
energiankulutus, tilat	15 818
lämmityksen energiankulutus yhteensä	24 998

Taulukon 21 energiakulutustietoja on käytetty laskennassa apuna kustannusten arvioinnissa. Esimerkiksi tilojen energiankulutuksen mallintaminen on tärkeää erilaisten vesikierrottomien järjestelmien arvioinnissa. Energiankulutukseltaan vertailuratkaisua lähellä olevalla rakennuksella päästään useimmiten energiatodistusluokkaan C. Esimerkkikohde sijoittuu energiaselvityksen perusteella tyypilliseen C-luokkaan.

5.2 Laskentojen lähtökohdat ja tulkinta

Lämmitysratkaisujen kustannusvertailujen tuloksia on arvioitu tässä luvussa. Vertalaskelmien esitysjärjestys on esitetty taulukossa 22. Kertainvestoinnilla ja lainarahoituksella toteutettavista järjestelmistä on tehty omat kannattavuuslaskelmat. Laskelmia on tehty eri korkokannoilla ja energianhinnoilla sekä tilanteessa, jolloin takan investointikustannus huomioidaan kaikissa järjestelmissä.

Taulukko 22. Laskelmien järjestys

	Laskelmien järjestys
5.2.1	Vertailu kertainvestoinneilla
5.2.2	Vuosikustannukset matalalla korkokannalla
5.2.3	Vuosikustannukset korkealla korkokannalla
5.2.4	Vuosikustannukset alhaisella puunhinnalla
5.2.5	Vuosikustannukset nousevilla energian hinnoilla

5.2.1 Vertailu järjestelmistä kertainvestoinneilla

Luvussa käsitellään kertainvestointina toteutettavien järjestelmien kustannuksia ja takaisinmaksuaikoja. Kokonaiskustannuksista on tehty kuvaajat tasaisilla ja 4 %:n vuosittain nousevilla energian hinnoilla.

Kertainvestointiin perustuva kustannusten arviointi on selkeä tapa arvioida sijoituksen kannattavuutta varsinkin silloin, kun investointi pystytään toteuttamaan ilman lainarahoitusta. Lämmitysmuotoja on arvioitu vertaamalla eri järjestelmien investointi ja käyttökustannuksia toisiinsa. Menetelmällä on arvioitu kannattaako saadaanko suurempi investointi maksamaan itsensä takaisin halvempien käyttökustannuksien johdosta. Takaisinmaksuajat järjestelmien välillä on esitetty taulukossa 23.

Järjestelmien investointikustannukset on esitetty tarkemmin luvussa 4 Lämmitysmuodot ja niiden tukijärjestelmät. Laskelmissa käytetyt energiankulutustiedot ja ostoenergian hinnat on esitetty taulukossa 22. Ostoenergian jakautuminen eri järjestelmien välillä on esitetty tarkemmin laskentaesimerkissä (liite 3) taulukoissa 30–42. Järjestelmien väliset takaisinmaksuajat on laskettu korottoman takaisinmaksuajan kaavalla.

$$\frac{\text{Investointikustannus}_{\text{investoitava järjestelmä}} - \text{Investointikustannus}_{\text{verrokkijärjestelmä}}}{\text{Vuotuisat kustannukset}_{\text{verrokkijärjestelmä}} - \text{Vuotuisat kustannukset}_{\text{investoitava järjestelmä}}} = \text{investoitavan järjestelmän takaisinmaksuaika}$$

Esim. maalämpöjärjestelmän koroton takaisinmaksuaika sähköiseen patterilämmitys-järjestelmään verrattuna on

$$\frac{21000 \text{ €} - 5000 \text{ €}}{3122 \text{ €} - 1124 \text{ €}} = 8 \text{ vuotta}$$

Taulukko 23. Järjestelmien takaisinmaksuajat tasaisilla käyttökustannuksilla

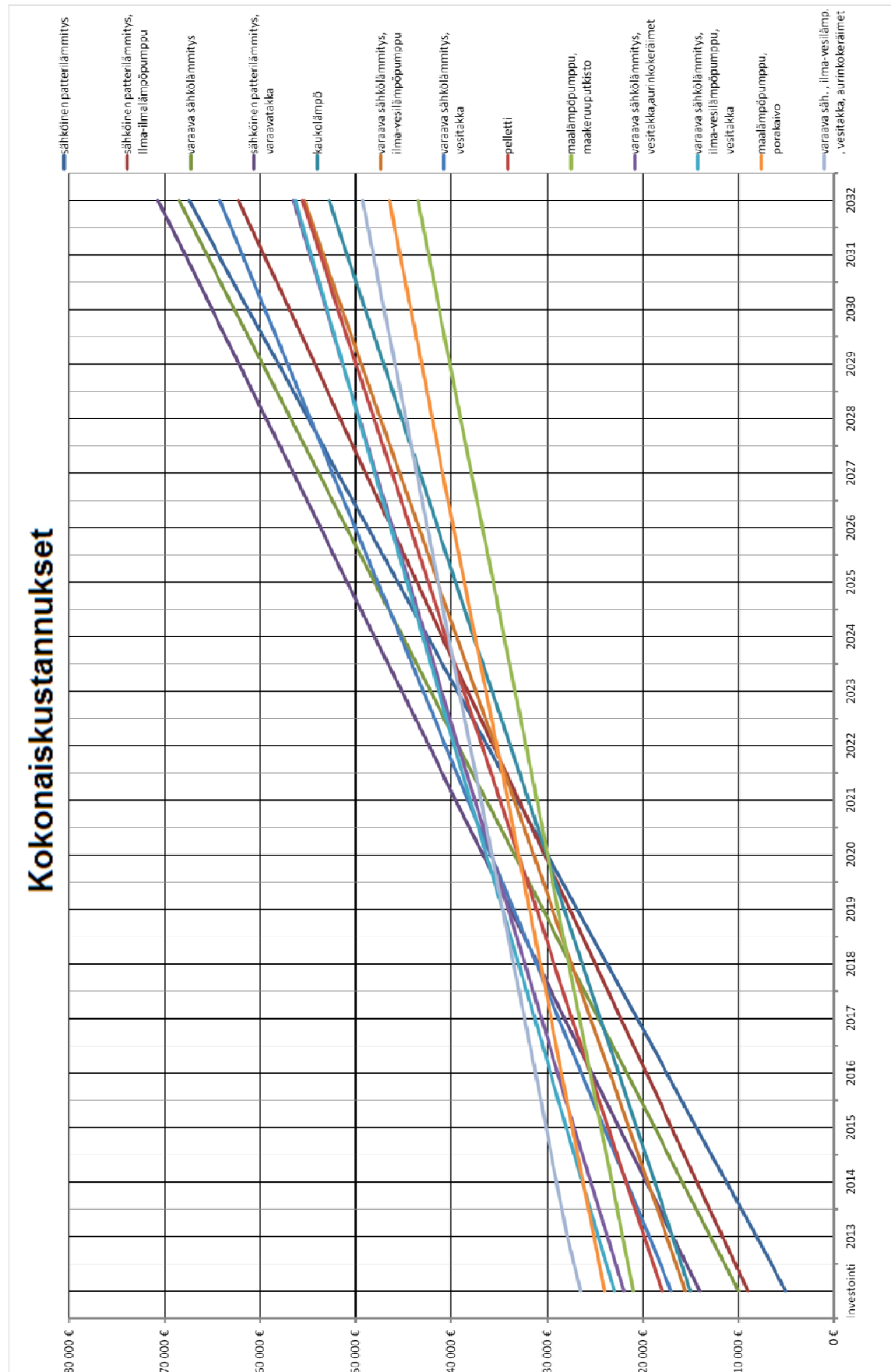
Järjestelmä nro.	Järjestelmä	Investointi €	Käyttökustannus €	Takaisinmaksuajat verrattaviin järjestelmiin (a)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	sähköinen patterilämmitys	5000	3122												
2	sähköinen patterilämmitys, Ilma-ilmalämpöpumppu	9000	2662	9											
3	varaava sähkölämmitys	10000	2925	25	-4										
4	sähköinen patterilämmitys, varaava takka	14000	2834	31	-29	44									
5	kaukolämpö	15000	1886	8	8	5	1								
6	varaava sähkölämmitys, ilma- vesilämpöpumppu	15500	1993	9	10	6	2	-5							
7	varaava sähkölämmitys, vesitakka	17000	2359	16	26	12	6	-4	-4						
8	pelletti	18000	1878	10	11	8	4	362	22	2					
9	maalämpöpumppu, maakeruuputkisto	21000	1124	8	8	6	4	8	6	3	4				
10	varaava sähkölämmitys, vesitakka, aurinkokeräimet	22000	1725	12	14	10	7	43	24	8	26	-2			
11	varaava sähkölämmitys, ilma- vesilämpöpumppu, vesitakka	23000	1666	12	14	10	8	36	23	9	24	-4	17		
12	maalämpöpumppu, porakaivo	24000	1124	10	10	8	6	12	10	6	8	-	3	2	
13	varaava säh. , ilma-vesilämp. , vesitakka, aurinkokeräimet	26500	1394	12	14	11	9	23	18	10	18	-20	14	13	-9

Takaisinmaksuaika tarkoittaa tässä tarkastelussa sitä aikaa, jossa kalliimman järjestelmän edullisempien käyttökustannusten myötä tulleet säästöt ylittävät investointikustannusten erotuksen. Takaisinmaksuajat saadaan taulukosta 23 verrattavan järjestelmän numeron mukaan vaakariviltä. Takaisinmaksuajat on selvitetty graafisesti kuvissa 12 ja 13. Käyrät kuvaavat kokonaiskustannuksia. Kuvaajien leikkauspisteistä nähdään tarvittava aika, jolloin investointi maksaa itsensä takaisin.

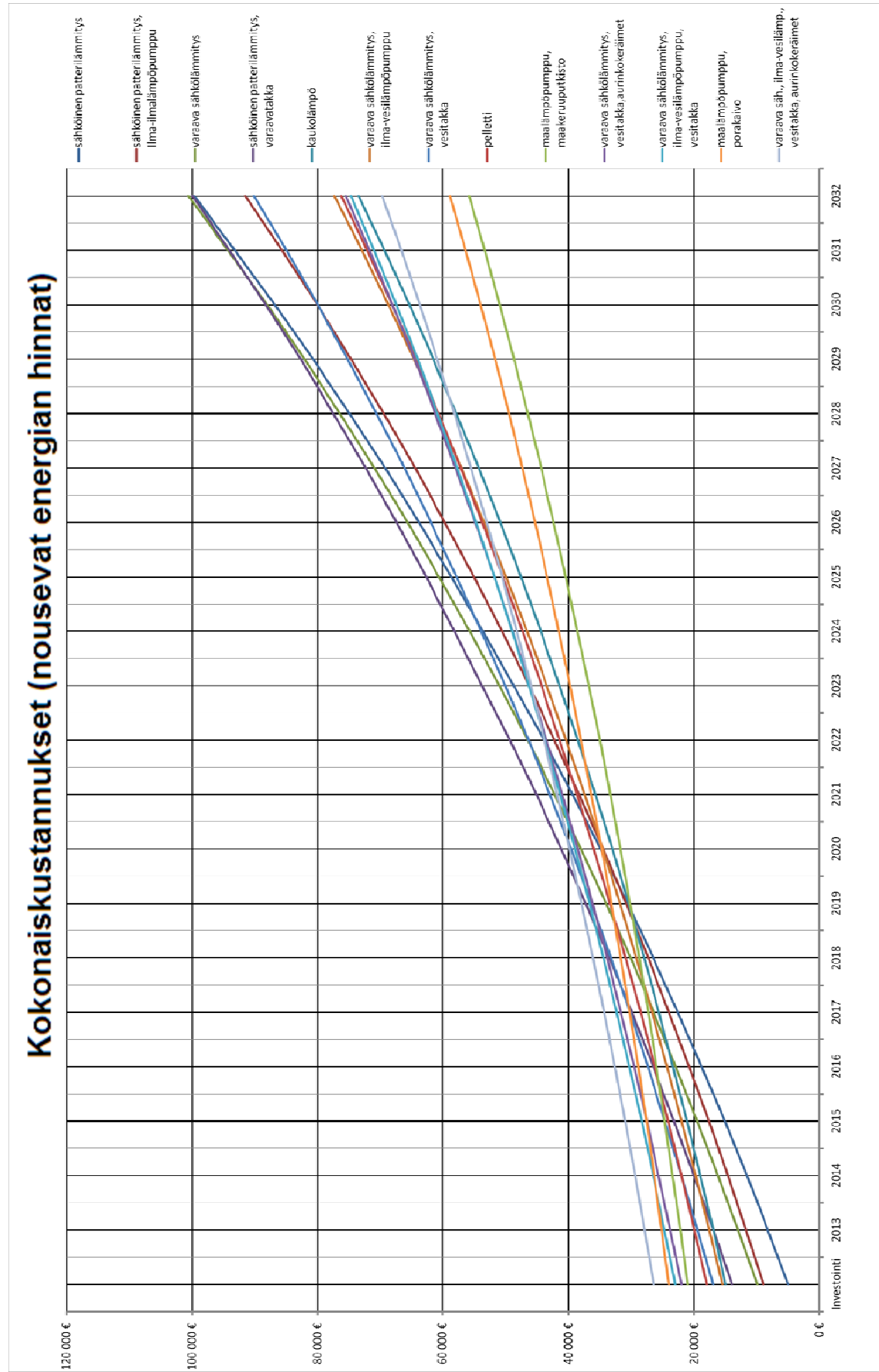
Kuvassa 13 on esitetty kokonaiskustannukset vuosittain 4 %:a nousevilla käyttökustannuksilla. Energian vuosittainen hinnannousu on laskettu kaavalla

$$K = H + H_a \times (1 + i)^1 + H_a \times (1 + i)^2 \dots + H_a \times (1 + i)^n$$

n	on laskenta – aika, investoinnin pitoaika vuosina
i	on p/100
p	on laskentakorkokanta, %
K	on kokonaiskustannukset laskenta – ajalle
H	on perusinvestointi
H _a	on energian vuosikustannus



Kuva 12. Kertainvestointien kokonaiskustannukset



Kuva 13. Kokonaiskustannukset 4 %:n nousevilla käyttökustannuksilla

Maalämpöjärjestelmät osoittautuvat vertailuissa edullisimmiksi. Maakeruuputkistolla varustettu järjestelmä maksaa itsensä takaisin esimerkiksi sähköpatterilämmitykseen verrattuna tasaisilla käyttökustannuksilla 8 vuodessa. Vuosittain 4 %:n nousevilla käyttökustannuksilla takaisinmaksuaika lyhenee noin vuodella. Energiakustannusten nousu johtaa suurempaan säästöön vuosikustannuksissa ja lyhentää takaisinmaksuaikoja. Kokonaiskustannukset nousevilla vuosikustannuksilla voivat olla sähkölämmitysjärjestelmillä jopa kaksinkertaiset verrattuna maalämpöjärjestelmiin 20 vuoden tarkasteluajanjaksolla.

Kertainvestointiin perustuvia laskelmia arvioidessa tulee muistaa huomioida, että laskentatapa ei sisällä korkokustannuksia lainarahalla toteutettuun investointiin tai inflaation merkitystä. Jos investointi toteutetaan lainarahalla, luotettavampi tapa arvioida investoinnin kannattavuutta on vuosikustannus tai nykyarvomenetelmät. Seuraavissa luvuissa on tarkasteltu investointien kannattavuutta vuosikustannusmenetelmällä.

5.2.2 Vuosikustannusten vertailu

Vertailulaskelmat on tässä luvussa toteutettu vuosikustannusmenetelmällä. Vuosikustannusmenetelmä sopii käyttäväksi tilanteissa jolloin investoinnin rahoitus toteutetaan lainarahalla.

Pitkäaikaisissa investoinneissa käytetään yleensä korkokantana 4–6 %:a [4, s. 13]. Laskelmat on tehty 5 %:n ja 10 %:n korkokannoilla. Korkokannan nousu voisi mahdollisesti aiheutua esimerkiksi maailmantaloudellista mullistuksista tai kriiseistä. Laskennassa annuiteettitekijä lasketaan käyttöajan ja korkokannan avulla. Annuiteettitekijän avulla muunnetaan tietyn ajan kuluessa suoritettava kertaluontoinen maksu vuosittain tapahtuviksi tasasuuruisiksi maksueriksi. Annuiteettitekijän avulla saadaan pääomakustannukset laskettua vuosittain. Käytetty korkokanta sisältää lainarahoituksesta koostuvat kulut. Annuiteettitekijän laskelmat tehtiin jokaiselle järjestelmälle erikseen käyttäen laskenta-aikana järjestelmien arvioitua odotettavissa olevaa teknistä käyttöikää.

$$A = 100 \times \frac{(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

$$K_t = A/100 \times H$$

A	on annuiteettitekijä, %
n	on laskenta – aika, järjestelmän tekninen käyttöikä
i	on p/100
p	on laskentakorkokanta, %
K _t	on investoinnin vuosikustannus
H	on perusinvestointi

[8, s. 3]

Kustannuslaskelmat on tehty taulukkolaskennalla excel-ohjelmistoa käyttäen. Esimerkiksi laskennan kulusta järjestelmäkohtaisesti on esitetty liitteessä 3. Laskelmat järjestelmäkohtaisesti löytyvät liitteen 3 taulukoista 30–42. Järjestelmien investointikustannukset on esitetty tarkemmin luvussa 4 Lämmitysmuodot ja niiden tukijärjestelmät. Energiankulutus ja ostoenergianhinnat on esitetty luvussa 5.1. Taulukoissa 24 ja 25 on eri järjestelmävaihtoehtojen vuosikustannukset koottu yhteenvetotaulukkoon.

Taulukko 24. Yhteenveto vuosikustannuksista 5 %:n korkokannalla

Lämmitysmuoto	Pääomakustannus €/ a	Energiakustannus €/ a	Huoltokustannus €/ a	Kok.kustannukset €/a
sähköinen patterilämmitys	376	3072	50	3498
sähköinen patterilämmitys, ilma-ilmalämpöpumppu	635	2562	100	3297
sähköinen patterilämmitys, varaava takka	937	2734	100	3772
varaava sähkölämmitys	624	2875	50	3549
varaava sähkölämmitys, vesitakka	1186	2259	100	3545
varaava sähkölämmitys, vesitakka, aurinkokeräimet	1587	1575	150	3312
maalämpöpumppu maakeruuputkistolla	1507	1024	100	2631
maalämpöpumppu porakaivolla	1748	1024	100	2872
varaava sähkölämmitys, ilma- vesilämpöpumppu	1154	1843	150	3147
varaava sähkölämmitys, ilma- vesilämpöpumppu, vesitakka	1756	1466	200	3422
varaava säh., ilma-vesilämpu, vesitakka, aurinkokeräimet	2021	1144	250	3414
pelletti	1266	1678	200	3144
kaukolämpö	1025	1811	75	2912

Taulukko 25. Yhteenveto vuosikustannuksista 10 %:n korkokannalla

Lämmitysmuoto	Pääomakustannus €/ a	Energiakustannus €/ a	Huoltokustannus €/ a	Kok.kustannukset €/a
sähköinen patterilämmitys	571	3072	50	3693
sähköinen patterilämmitys, ilma-ilmalämpöpumppu	896	2562	100	3558
sähköinen patterilämmitys, varaava takka	1393	2734	100	4227
varaava sähkölämmitys	1058	2875	50	3983
varaava sähkölämmitys, vesitakka	1881	2259	100	4240
varaava sähkölämmitys, vesitakka, aurinkokeräimet	2468	1575	150	4193
maalämpöpumppu maakeruuputkistolla	2350	1024	100	3475
maalämpöpumppu porakaivolla	2703	1024	100	3827
varaava sähkölämmitys, ilma- vesilämpöpumppu	1781	1843	150	3775
varaava sähkölämmitys, ilma- vesilämpöpumppu, vesitakka	2662	1466	200	4328
varaava säh., ilma-vesilämpu, vesitakka, aurinkokeräimet	3060	1144	250	4453
pelletti	1998	1678	200	3876
kaukolämpö	1646	1811	75	3532

Maalämpöjärjestelmät osoittautuivat 5 %:n korkokannalla vuosikustannuksiltaan edullisimmiksi. Maalämmön jälkeen kannattavuudessa seurasi kaukolämpö ja pellettilämmitys.

10 %:n korkokannalla suuremmat investointikustannukset nostavat reilusti vuosittaisia pääomakustannuksia. Edullisimmat järjestelmät nostavat tässä tarkastelussa kannattavuuttaan reilusti. Korkotason tai investoinnin tuotto-odotteen ollessa korkealla, ei investointi kalliisiin järjestelmiin ole kannattavaa. Korot ovat tällä hetkellä matalalla, muutokset ovat mahdollisia lyhyelläkin ajanjaksolla.

5.2.3 Vuosikustannusten vertailu takoilla varustetuista järjestelmistä

Lähes jokainen uusi pientalo varustetaan takalla. Takka on erimainen ja suositeltava varalämmönlähde. Takan investointikustannukset on kuitenkin huomioitava lämmitysvertailulaskelmissa, johtuen monista järjestelmistä, mitkä perustuvat osaltaan takan lämmityskäyttöön. Jos uusi pientalo halutaan varustaa takalla ja lämmitysmuodoissa halutaan vertailla takan käyttöön perustuvia ratkaisuja, tulee sen investointi kustannukset ottaa huomioon kaikissa järjestelmissä. Järjestelmien investointikustannukset on esitetty tarkemmin luvussa 4 Lämmitysmuodot ja niiden tukijärjestelmät. Energiankulutus ja ostoenergian hinnat on esitetty luvussa 5.1.

Maalämpöratkaisussa, kaukolämmössä ja pellettilämmityksessä on oletettu, että puuta ei osteta lämmitystarkoitukseen ja kaikki lämpö tuotetaan päälämmitysjärjestelmällä.

Puun hyödyntämiseen lämmityksessä vaikuttaa voimakkaasti kuinka usein tulisijaa poltetaan ja millä tavalla.

Järjestelmiä on arvioitu 5 %:n ja 10 %:n korkokannalla taulukoissa 26 ja 27. Energia-kustannusten on laskelmassa oletettu pysyvän samalla tasolla.

Taulukko 26. Yhteenveto vuosikustannuksista, korkokanta 5 %

Lämmitysmuoto	Pääomakustannus €/ a	Energiakustannus €/ a	Huoltokustannus €/ a	Kok.kustannukset €/a
sähköinen patterilämmitys, ilma-ilmalämpöpumppu	1196	2224	200	3620
sähköinen patterilämmitys, varaava takka	937	2734	100	3772
varaava sähkölämmitys, vesitakka	1186	2259	100	3545
varaava sähkölämmitys, vesitakka, aurinkokeräimet	1587	1575	150	3312
maalämpöpumppu maakeruuputkistolla, takka	1890	1024	150	3064
maalämpöpumppu porakaivolla, takka	2131	1024	150	3305
varaava sähkölämmitys, Ilma-vesilämpöpumppu, vesitakka	1756	1397	200	3352
varaava säh., ilma-vesilämpö, vesitakka, aurinkokeräimet	2028	1144	250	3422
pelletti, takka	1650	1678	250	3578
kaukolämpö, takka	1409	1811	125	3345

Taulukko 27. Yhteenveto vuosikustannuksista, korkokanta 10 %

Lämmitysmuoto	Pääomakustannus €/ a	Energiakustannus €/ a	Huoltokustannus €/ a	Kok.kustannukset €/a
sähköinen patterilämmitys, ilma-ilmalämpöpumppu, varaava takka	1718	2224	200	4142
sähköinen patterilämmitys, varaava takka	1393	2734	100	4227
varaava sähkölämmitys, vesitakka	1881	2259	100	4240
varaava sähkölämmitys, vesitakka, aurinkokeräimet	2468	1575	150	4193
maalämpöpumppu maakeruuputkistolla, takka	3056	1024	150	4231
maalämpöpumppu porakaivolla, takka	3409	1024	150	4583
varaava sähkölämmitys, Ilma-vesilämpöpumppu, vesitakka	2662	1397	200	4259
varaava säh., ilma-vesilämpö, vesitakka, aurinkokeräimet	3114	1144	250	4508
pelletti, takka	2704	1678	250	4632
kaukolämpö, takka	2352	1811	125	4288

5 %:n korkokannalla maalämpöjärjestelmät osoittautuvat edelleen edullisimmiksi ratkaisuiksi. Erot ovat kuitenkin huomattavasti pienentyneet takan tuoman lisäinvestoinnin takia.

10 %:n laskentakorolla tehdyssä laskelmassa investointikustannuksiltaan edullisin sähköpattereihin lämmitys osoittautui edullisimmiksi. Tuloksia tulkitessa on kuitenkin syytä muistaa, ettei tämä laskenta ota energian todennäköistä hinnannousua huomioon.

5.2.4 Vuosikustannusten vertailu alhaisella puunhinnalla

Laskelmassa on arvioitu tilannetta, jolloin polttopuuta saadaan edullisesti. Lähtötiedot ovat samat kuin edellisissä laskelmissa. Puun ostohintana on käytetty arvoa 25 €/m³. Laskelmat on tehty takalla varustettaville järjestelmille taulukkoon 28. Korkokantana laskennassa on käytetty 5 %:a.

Taulukko 28. Yhteenveto vuosikustannuksista, edullinen puunhinta, korkokanta 5 %

Lämmitysmuoto	Pääomakustannus €/ a	Energiakustannus €/ a	Huoltokustannus €/ a	Kok.kustannukset €/a
sähköinen patterilämmitys, ilma-ilmaalämpöpumppu	1196	2072	200	3469
sähköinen patterilämmitys, varaava takka	937	2583	100	3620
varaava sähkölämmitys, vesitakka	1186	2064	100	3350
varaava sähkölämmitys, vesitakka, aurinkokeräimet	1587	1380	150	3117
maalämpöpumppu maakeruuputkistolla, takka	1890	1024	150	3064
maalämpöpumppu porakaivolla, takka	2131	1024	150	3305
varaava sähkölämmitys, Ilma-vesilämpöpumppu, vesitakka	1756	1201	200	3157
varaava säh., ilma-vesilämpö, vesitakka, aurinkokeräimet	2028	948	250	3227
pelletti, takka	1650	1678	250	3578
kaukolämpö, takka	1409	1811	125	3345

Maalämpöpumppujärjestelmä osoittautuu laskennassa jälleen kokonaiskustannuksiltaan edullisimmaksi tarkastelujaksolla. Kokonaiskustannuksissa vesitakan, ilma-vesilämpöpumpun ja aurinkokeräinten yhdistelmäratkaisussa päästään jo lähelle maalämpöpumppujen kustannustasoa.

5.2.5 Kokonaiskustannusten vertailu nousevilla energianhinnoilla

Energian hintakehitystä ei voida täydellä varmuudella ennustaa. Ostoenergioiden hintataso on kuitenkin jo pitkään ollut nousujohtoinen. Laskelma kuvaa tilannetta jolloin järjestelmän investointi toteutetaan lainarahalla. Korkokantana on laskelmissa käytetty 5%:a ja laskenta on tehty vuosikustannusmenetelmällä. Laskelmassa on arvioitu 4 %:n vuosittainen energia- ja huoltokustannusten nousu. Järjestelmien investointikustannukset on esitetty tarkemmin luvussa 4 Lämmitysmuodot ja niiden tukijärjestelmät. Laskelmissa käytetty energian hintakulutus ja ostoenergian hinnat on esitetty luvussa 5.1.

Vertailussa on pyritty antamaan arvio tilanteesta, jossa energian ostohinnan kehitys jatkaa voimakkaasti kasvuaan. Kokonaiskustannukset vuosittain on esitetty taulukossa 29 ja graafisesti kuvassa 14. Energian vuosittainen hinnannousu on laskettu kaavalla:

$$K = H + H_a \times (1 + i)^1 + H_a \times (1 + i)^2 \dots + H_a \times (1 + i)^n$$

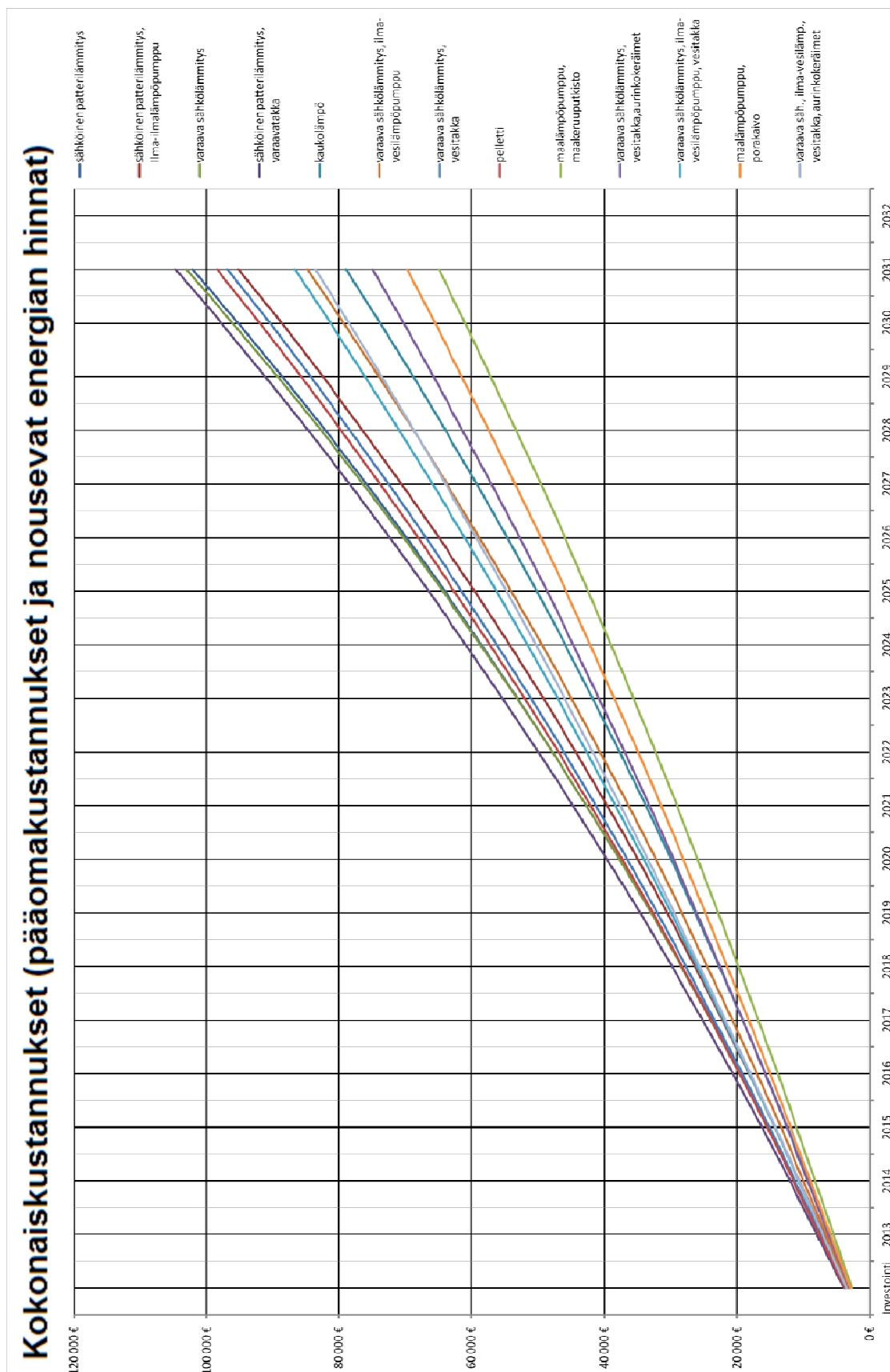
n	on laskenta – aika, investoinnin pitoaika vuosina
i	on p/100
p	on laskentakorkokanta, %
K	on kokonaiskustannukset laskenta – ajalle
H	on perusinvestointi
H	on energianvuosikustannus

Järjestelmät taulukossa 29 ovat:

1 "sähköinen patterilämmitys", 2 "sähköinenpatterilämmitys, ilma-ilmalämpöpumpu", 3 "varaava sähkölämmitys", 4 "sähköinen patterilämmitys, varaava takka", 5 "kaukolämpö", 6 "varaava sähkölämmitys, ilma-vesilämpöpumppu", 7 "varaava sähkölämmitys, vesitakka", 8 "pelletti", 9 "maalämpöpumppu maakeruuputkistolla", 10 "varaava sähkölämmitys, vesitakka, aurinkokeräimet", 11 "varaava sähkölämmitys, ilma-vesilämpöpumppu, vesitakka", 12 "maalämpöpumppu porakaivolla", 13 "varaava sähkölämmitys, ilma-vesilämpöpumppu, vesitakka, aurinkokeräimet"

Taulukko 29. Kokonaiskustannukset vuosittain, 5 %:n korkokannalla, nousevat energian hinnat

	Kokonaiskustannukset												
Järjestelmät/vuodet	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2013	3623	3403	3666	3885	2987	3227	3639	3719	2676	3036	3488	2917	3470
2014	7376	6917	7454	7888	6053	6537	7377	7537	5399	6131	7046	5880	6998
2015	11264	10546	11368	12014	9200	9934	11216	11457	8170	9285	10675	8892	10586
2016	15292	14295	15413	16267	12432	13420	15161	15482	10992	12503	14380	11955	14237
2017	19466	18169	19596	20653	15753	16999	19217	19619	13866	15785	18162	15070	17953
2018	23793	22172	23921	25176	19165	20675	23388	23870	16795	19136	22026	18240	21737
2019	28277	26309	28394	29844	22673	24452	27678	28240	19781	22557	25973	21466	25591
2020	32926	30587	33021	34660	26280	28335	32093	32735	22827	26051	30009	24752	29519
2021	37746	35011	37808	39631	29990	32326	36636	37358	25933	29622	34135	28100	33523
2022	42743	39586	42761	44764	33807	36430	41314	42116	29104	33271	38357	31511	37607
2023	47925	44319	47888	50065	37737	40653	46131	47014	32341	37004	42677	34989	41773
2024	53108	49215	53195	55366	41782	44999	51094	52057	35648	40822	47100	38537	46025
2025	58482	54282	58689	60841	45949	49472	56208	57251	39026	44730	51629	42156	50366
2026	64057	59527	64378	66498	50241	54078	61478	62602	42480	48730	56269	45850	54799
2027	69839	64956	70269	72343	54663	58822	66913	68116	46011	52827	61025	49622	59330
2028	75838	70576	76372	78385	59222	63709	72517	73801	49623	57024	65901	53475	63961
2029	82062	76396	82693	84631	63921	68746	78298	79662	53320	61326	70901	57412	68696
2030	88519	82424	89242	91089	68768	73939	84263	85707	57104	65736	76031	61437	73540
2031	95220	88667	96028	97768	73768	79292	90418	91943	60979	70259	81296	65553	78496
2032	102174	95134	103061	104677	78926	84814	96773	98378	64949	74899	86702	69763	83570



Kuva 14. Kokonaiskustannukset 4 %:n nousevilla käyttökustannuksilla

Käyttökustannusten noustessa investoiminen energiatehokkaampiin ja käyttökustannuksiltaan edullisempiin järjestelmiin kannattaa. Maalämpöpumput osoittautuvat edullisimmiksi.

5.3 Virhetarkastelu

Laskennassa suurin vaikeus on lähtöarvojen määrittelyssä ja yhdistelmäratkaisujen arvioinnissa. Tukijärjestelmien laskenta perustuu lähinnä yleisiin kokemusperäisiin prosentuaalisiin arvoihin, joita voidaan pitää vain karkeasti suuntaa antavina. Kustannuslaskelmien luotettavuus heikkenee merkittävästi tarkasteluajanjakson pidetessä. Sijoituksen takaisinmaksuajan kannattavuusrajana pidetään yleensä korkeintaan kymmentä vuotta. Tarkka lämmitysjärjestelmien vertailu täytyy tehdä yksilöllisesti alueen energiakustannuksilla ja lähtötiedoilla.

6 Yhteenveto

Lämmitysjärjestelmää valitsevalla pientalonrakentajalla on reilusti valinnanvaraa. Valintaa tehdessä on tärkeää löytää omia valmiuksia vastaava järjestelmä. Esimerkkinä puulämmittäjältä vaaditaan huomattavasti enemmän työtä lämmityksen suhteen kuin täysin automaattisen maalämpöjärjestelmän omistajalta.

Puulämmittäjältä edellytetään takan polttoa lämmityskaudella päivittäin. Optimaalinen tilanne olisi, että takkaa poltettaisiin välillä jopa kaksi kertaa päivässä. Puulämmitteeseen järjestelmään kannattaa investoida vain jos on valmis tekemään lämmityksen eteen reilusti töitä. Muutoin lämpöenergia joudutaan tuottamaan kalliilla sähköllä ja investoinnit järjestelmään menevät hukkaan.

Laskelmissa maalämpöpumppu osoittautui edullisimmaksi järjestelmäksi. Maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuaika sähköiseen patterilämmitykseen verrattuna on pääosin noin laskentatavasta laskennan lähtökohdista riippuen 7-10 vuotta. Maalämpöjärjestelmän helppous ja edulliset käyttökustannukset tekivät siitä laskelmien perusteella suositeltavimman vaihtoehdon.

Maalämpö on viime vuosina kahminut suosiota pientalojen rakentajien keskuudessa juuri sen edullisten käyttökustannusten takia. Lainarahalla tehdyt suuret investoinnit aiheuttavat kuitenkin riskinsä, sillä korkotason noustessa investointikustannuksiltaan kalliiden järjestelmien kannattavuus laskee nopeasti. Sähköveron nostamiset ovat heikentäneet sähkönkäyttöön perustuvien järjestelmien kilpailukykyä polttopuu, hake tai pellettilämmittäjiin verrattuna. Tulevaisuudessa tullaan näkemään muuttuuko tilanne puuta polttoaineenaan käyttävien järjestelmien eduksi.

Työn tarkoitus ei ollut osoittaa järjestelmien välillä mitään tiettyä paremmuusjärjestystä, vaan antaa kuva investointi- ja käyttökustannusten käyttäytymisestä ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Työssä oli myös tarkoituksena antaa tietoa eri järjestelmien yhdistelmä-ratkaisuista ja tehokkaasta käytöstä.

Lähteet

- 1 Rakennus ja remonttieto. 2012. Verkkodokumentti. Suomen asuntokeskus Oy. <http://www.asuntotieto.com/20000i_RAKENNUS_JA_REMONTTITIETO/22000i/22800i_lampoalinta.html>. Luettu 15.5.2012
- 2 Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus uusissa pientaloissa 2006–2011. 2012. Verkkodokumentti. Pientalorakentamisen kehittämiskeskus <http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta> Luettu 10.5.2012
- 3 Pientalon lämmitysjärjestelmät. 2011. Verkkodokumentti. Motiva Oy <<http://www.motiva.fi/files/4970/PientalonLammitysjarjestelmat.pdf>> Luettu 10.5.2012
- 4 Energiaselvitys lupahakemuksiin. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto <http://www.hel.fi/wps/portal/Rakennusvalvontavirasto/Artikkeli?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/Rakvv/fi/uutiset/energiaselvitys+lupahakemuksiin> Luettu 10.5.2012
- 5 Rakennusten lämmöneristys. 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C3. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 6 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 7 Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2007 Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 8 Investointilaskelmat ja laskentataulukot. 2005. LVI-kortti 02-10383
- 9 Harju, Pentti. 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. Verkkodokumentti. Penan Tieto-Opus Ky. <http://www.penantieto-opus.fi/files/lammitystekniikan_oppikirja.pdf>
- 10 Kurnitski, Jarek. 2012. Energiamääräykset 2012. Helsinki: Suomen Rakennus-media Oy
- 11 Perälä, Rae. 2009. Lämpöpumput. Helsinki: Alfamer Oy
- 12 Von Bell, Class. 2010. Säästää lämpöpumpulla: esittelyssä ilma-ilmalämpöpumppu. Verkkodokumentti. Suomela Oy. <<http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Lammitys-energiaAnna/Saastoa-lampopumpulla-esittelyssa-ilma-ilmalampopumppu-50576>> Luettu 15.5.2012
- 13 Suomen maalämpöyhdistys Ry. 2012. Verkkodokumentti. <http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=116> Luettu 10.5.2012
- 14 Laitinen, Jussi. 2010. Pieni suuri energiakirja. Helsinki: intokustannus Oy

- 15 Pätittäin puulämmityksestä. 2004. Verkkodokumentti. Motiva Oy
http://www.motiva.fi/files/210/Patkittain_puulammityksesta.pdf> Luettu 5.5.2012
- 16 Unelmauunit Oy 2012. Verkkodokumentti. <
<http://www.unelmauunit.fi/tekniikka.html>> Luettu 5.5.2012
- 17 Thermocamo kytkentäkaavio. 2012. Verkkodokumentti. Tulituote Oy <
<http://www.tulituote.com/pdf/KytKentakaavio-Termocamino.pdf>> Luettu 5.5.2012
- 18 Vesilämmitysjärjestelmä. 2012. Verkkodokumentti. Tulikivi Oy
<http://www.tulikivi.fi/tuotteet/TulikiviGreen_W10-Vesilammitysjarjestelma#Passiivitalo> Luettu 15.5.2012
- 19 Tulikivi vesitakka. 2011. Verkkodokumentti. Waastek Oy <
<http://waastek.palvelut.pohjalainen.fi/2011/05/26/tulikivi-vesitakka-ecowatti-kysytarjous-asennettuna-waastek-fi-3/>> Luettu 15.5.2012
- 20 Maalämpöpumppu. 2012. Verkkodokumentti. Suomen maalämpöyhdistys Ry
<http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114> Luettu 10.5.2012
- 21 Maalämpöpumppu.2012. Verkkodokumentti. Suomela Oy
<<http://www.suomela.fi/lammitys-lvis/Lammitys-energiaAnna/Saastoa-lampopumpulla-esittelyssa-maalampopumppu-50579>> Luettu 18.5.2012
- 22 Suomela Oy 2010. Verkkodokumentti.
<<http://www.suomela.fi/Archive/suomela.fi/0/3/2/0325c8f2-392e-4e40-a96f-7a28564fe6d6.jpg>> Luettu 10.5.2012
- 23 Pääsky, Timo. 2011. Miksi pelletti ei kelpaa. Verkkodokumentti. Meidäntalo. <
<http://www.meidantalo.fi/artikkeli/miksei-pelletti-kelpaa>> Luettu 10.5.2012
- 24 Pellettilämmitys. 2012. Verkkodokumentti. Yläneen bioenergia Oy.
<<http://www.ylaneenbioenergia.fi/pellettilammitys/>> Luettu 15.5.2012

ver. 16.11.2009 / TMA

Energiaselvitys / Lämpöhäviöiden tasauslaskelma

Helsingin kaupunki / Rakenusvalvontavirasto

Kohde:
Lupatunmus:
k.osa/kortteli/kontti:

Ratu:	Rakennustyyppi: Erilliset pientalot	Pääsuunnittelija:
-------	-------------------------------------	-------------------

Määräystenmukaisuuden osoittaminen:	2010
Tasauslaskelman tekijä:	

Määräystenmukaisuuden osoittaminen: 2010

nnuksen laajuus tiedot

Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus	556 rak-m ³			
Maanpäälliset kerrosalajat yhteensä	185 kn-laso-m ²	Kerroskorkeus	3,0 m	Imatilaav., V. puoliampimatt tilat
		Huonekorkeus	2,6 m	Imatilaav., V. lämpimät tilat
				418,0 m ³

Perustiedot				Pinta-alat, m², (A)			U-arvot, W/(m²·K), (U)		Ominaislämpöarvio, W/K		Lämpöarvion määrätysten mukaisuuden tarkistuslista	
RAKENNUSOSAT				Vertailuarvo	Suunn.arvo	Vertailuarvo	Enimmäisarvo	Suunn.a.	Vertailuarv.	Suunn.rat.		
Lämpöeristys												
Ulkoseinä				205,58	192,64	0,17	0,60	0,17	34,9	32,7	Ikkunapinta-ala on 22,0 % maanpäällisestä kerrostasosalista	
Yläpohja				91,10	91,10	0,09	0,60	0,09	8,2	8,2	Ikkunapinta-ala on 16,9 % julkisivun pinta-alaista	
Alapohja (ulkomaan rajoittuva)						0,09	0,60				Vertailukäytännön pinta-ala on 15 % yhteenlasketuista	
Alapohja (yömiinatilasta rajoittuva) 1)				91,10	91,10	0,17	0,60	0,17	12,4	12,4	maanpäällisistä kerrostasosista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alaista.	
Alapohja (maanvastainen)						0,16	0,60				Rakennuksen yhteenlaskettu pinta-ala on sama	
Muu maanvastainen rakennusosa						0,16	0,60				Rakennuksen yhteenlaskettu pinta-ala on sama	
Ikkunat				27,78	40,72	1,00	1,80	1,00	27,8	40,7	kylä ei -lämpimässä tiloissa -puolilämpimässä tiloissa	
Ulkio-ovet				8,28		1,00	-	1,00	8,3	8,3	kylä ei -lämpimässä tiloissa -puolilämpimässä tiloissa	
Kattoköydät						1,00	1,80				kylä ei -lämpimässä tiloissa -puolilämpimässä tiloissa	
Lämpimät tilat yhteensä				423,8	423,8				91,6	102,3	U-arvot ovat enintään ominaisarvojen suuruissa Väajan suunnittelu ja vertailuarvojen ominais-	
Puolilämpimät tilat											lämpöarvion suhte on enintään 1,3	
Ulkoseinä						0,38	0,60				-suunnitteluarvo on 1,12 -lämpimässä tiloissa -puolilämpimässä tiloissa	
Yläpohja						0,14	0,60				kylä ei -lämpimässä tiloissa -puolilämpimässä tiloissa	
Alapohja						0,14	0,60				-Suunnitteluarvo on ominaislämpöarvio enintään	
Alapohja (maanvastainen)						0,24	0,60				vertailuarvo suuruinen	
Muu maanvastainen rakennusosa						0,24	0,60				Lämpöarvio on 90,6 % lämpimässä tiloissa	
Ikkunat						1,40	2,80				Lämpöarvio on % puolilämpimässä tiloissa	
Ulkio-ovet						1,40	-				kylä ei	
Kattoköydät						1,40	2,80				Suunnitteluarvoksi täytettyä lämpöarviovaatimukset	
Puolilämpimät tilat yhteensä											kylä ei -lämpimässä tiloissa -puolilämpimässä tiloissa	

[illegible][illegible]

1) Lämpimässä tiloissa ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan lämpöohviri kerrotaan luvulla 0,8 R_{alk}M_{kn} osan D3 mukaisesti. Tällä tavalla oletetaan huomioon ryömintätilan ulkoilmaa korkeampi vuotunen keskilämpötila. Ryömintätilaan tuuletusukkojen määrää on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

Helsingin kaupunki / Rakennusvalvontavirasto		Energiaselvitys / RAK-LVIS-lähtötiedot												ver. 11.02.2010 / TMA	
Kesäkuu	- / ° / -	1,000				1,000				1,000			1,000	1,000	1,000
Heinäkuu	- / ° / -	1,000				1,000				1,000			1,000	1,000	1,000
Elokuu	- / ° / -	1,000				1,000				1,000			1,000	1,000	1,000
Syyskuu	- / ° / -	1,000				1,000				1,000			1,000	1,000	1,000
Lokakuu	- / ° / -	1,000				1,000				1,000			1,000	1,000	1,000
Marraskuu	- / ° / -	1,000				1,000				1,000			1,000	1,000	1,000
Joulukuu	- / ° / -	1,000				1,000				1,000			1,000	1,000	1,000

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Lämmöntuototapa: ? Lämmitysjärjestelmä: vesikiertoinen lattialämmitys

JOS kohteessa on sähkölämmitys, anna lämmitysjärjestelmän hyötysuhde kohtaan Sähköjärjestelmä.

Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	11 kWh/bm ² /vuosi	Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	2035 kWh/vuosi	Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	2035 kWh/vuosi
Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	11 kWh/bm ² /vuosi	Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	2035 kWh/vuosi	Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	2035 kWh/vuosi
Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	11 kWh/bm ² /vuosi	Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	2035 kWh/vuosi	Q _{lämmitys} (Vähintään 2000 kWh/vuosi)	2035 kWh/vuosi

KÄYTTÖVEDEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

V_{käyttövesi} 50,0 dm³/henkilö/vuosi V_{käyttövesi} 50,0 dm³/henkilö/vuosi V_{käyttövesi} 50,0 dm³/henkilö/vuosi

Asuinrak. henkilöitä (1 erakohdun asuinrak.) 4 Asuinrak. henkilöitä (1 erakohdun asuinrak.) 4 Asuinrak. henkilöitä (1 erakohdun asuinrak.) 4

(henkilömäärä arvioidaan asuintoimikokoukseen)

Q_{lämmitys} (Vähintään 1000 kWh/vuosi) Q_{lämmitys} (Vähintään 1000 kWh/vuosi) Q_{lämmitys} (Vähintään 1000 kWh/vuosi)

Q_{lämmitys} (Vähintään 1000 kWh/vuosi) Q_{lämmitys} (Vähintään 1000 kWh/vuosi) Q_{lämmitys} (Vähintään 1000 kWh/vuosi)

SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

RakMK:n D5 laskun 7.1 ominaisenergiankulutus: W_{energia} 7,0 kWh/bm²/vuosi W_{energia} 10,0 kWh/bm²/vuosi W_{energia} 33,0 kWh/bm²/vuosi

Q_{energia} kWh/bm²/vuosi JOS kohteessa on sähkölämmitys, anna lämmitysjärjestelmän hyötysuhde tähän -> η_{lämmitys} η_{lämmitys}

Muut kuin pienet asuinrakennukset: anna kiinteistösihtöön kuuluvien valaistuksen ja muiden lattien ominaisenergiankulutus W_{energia} (Vähintään 1000 kWh/vuosi) W_{energia} (Vähintään 1000 kWh/vuosi) W_{energia} (Vähintään 1000 kWh/vuosi)

JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

Varustealan rakennus jäähdytysohjelmalla? Kyllä ei Kylmäntuotanto: η_{jäähdytys} 0,90 η_{jäähdytys}

Jos kompressor, anna kylmäkerron tähän -> q_{lämmitys} Jos joku muu (laukukymä, vapaajäähdytys), anna kylmäkerron tähän -> q_{lämmitys} 1,0 1,0

Energiaselvitys / energiankulutus, Jyväskylä

Helsingin kaupunki / Rakennusvalvontavirasto

Kohde: k.o.salkorttelitontti: Ratu: Rakennustyyppi: Erilliset pientalot

ENERGIAKULUTUSLASKELMIEN TULOKSET, JYVÄSKYLÄ (energ.tod. varten)												
RakM:n OS-katua	Energia	Energiankulutukset kuukausittain, kWh										
		Tamm.	Helmi.	Määlis.	Huhti.	Touko.	Kesä.	Heinä.	Elo.	Syys.	Loka.	Marras.
4.1	Q _{kuukausi maksu alas}	2406,0	2283,2	1795,4	1532,6	814,7	449,5	456,8	472,1	960,1	1467,2	1590,8
4.1	Q _{opt. maksu alas}											
4.1	Q _{opt.}	2406,0	2283,2	1795,4	1532,6	814,7	449,5	456,8	472,1	960,1	1467,2	1590,8
4.5	Q _{muut.}	262,1	248,7	195,6	166,9	88,7	49,0	49,8	51,4	104,6	159,8	173,3
4.9	Q _u	724,2	687,2	540,4	461,3	245,2	135,3	137,5	142,1	289,0	441,6	478,8
4.9	Q _{u, lto}	2413,9	2290,7	1801,2	1537,6	817,4	450,9	458,3	473,6	963,2	1472,0	1596,0
4.12	Q _{lto}	1689,7	1603,5	1280,9	1076,3	572,1	315,7	320,8	331,5	674,3	1030,4	1117,2
4.13	Q _{to, p}											
4.14	Q _p											
4.15	Q _{muut. laskennall.}	495,0	480,2	311,2	239,5	16,0	0,0	0,0	0,0	67,2	212,4	257,0
8.17	Q _{muut. lask.}	2897,2	2738,9	2220,1	1921,3	1132,6	633,7	644,1	665,6	1286,4	1856,2	1985,9
5.1	Q _{muut.}	361,7	326,7	361,7	350,0	361,7	350,0	361,7	361,7	350,0	361,7	350,0
T 6.1	Q _{muut. laskennall.}	172,8	156,1	172,8	167,3	172,8	167,3	172,8	172,8	167,3	172,8	167,3
T 6.1	Q _{muut. laskennall.}	527,3	527,3	351,5	351,5	175,8	175,8	175,8	175,8	175,8	351,5	351,5
T 6.1	Q _{muut. laskennall.}	186,0	169,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0	186,0
6.1	Q _{muut. laskennall.}	886,1	851,4	710,3	698,8	534,6	347,3	358,8	358,8	523,0	710,3	874,5
6.23	Q _{muut. laskennall.}											
6.3/6.4	Q _{muut. laskennall.}											
6.26	Q _{muut. laskennall.}											
6.2	Q _{muut. laskennall.}											
T 7.1	Q _{muut. laskennall.}	110,0	99,3	110,0	106,4	110,0	106,4	110,0	110,0	106,4	110,0	106,4
T 7.1	Q _{muut. laskennall.}	157,1	141,9	157,1	152,1	157,1	152,1	157,1	157,1	152,1	157,1	152,1
T 7.1	Q _{muut. laskennall.}	518,5	468,3	518,5	501,8	518,5	501,8	518,5	518,5	501,8	518,5	501,8
7.1	Q _{muut. laskennall.}	785,6	709,6	785,6	760,3	785,6	760,3	785,6	785,6	760,3	785,6	760,3
8.1	Q _{muut. laskennall.}	125,7	113,5	125,7	121,6	125,7	121,6	125,7	125,7	121,6	125,7	121,6
8.3	Q _{muut. laskennall.}	620,3	596,0	497,2	489,1	374,2	243,1	251,2	251,2	366,1	497,2	612,2
8.4	Q _{muut. laskennall.}	108,5	98,0	108,5	105,0	108,5	105,0	108,5	108,5	105,0	108,5	105,0
8.5	Q _{muut. laskennall.}											
8.6	Q _{muut. laskennall.}	31,2	127,5	235,2	375,1	421,0	488,1	411,7	321,3	191,9	96,0	27,2
8.11	Q _{muut. laskennall.}	885,6	935,0	966,6	1090,8	1029,4	957,8	897,1	806,6	784,6	827,4	866,0
8.19	Q _{muut. laskennall.}	123,2	122,8	126,5	128,3	142,3	144,3	144,3	144,3	137,1	129,5	127,8
8.13/8.14	Q _{muut. laskennall.}	1000	1000	1000	0,997	0,926	0,653	0,702	0,766	0,993	0,999	1,000
8.12	Q _{muut. laskennall.}	885,6	935,0	966,6	1067,4	952,9	625,1	629,8	634,0	779,3	827,0	865,6
3.9	Q _{muut. laskennall.}	2506,6	2284,1	1565,0	1073,5	195,8	8,6	14,3	31,6	574,4	1241,6	1377,3
3.8	Q _{muut. laskennall.}	3392,7	3135,5	2275,4	1772,2	730,3	355,9	373,1	360,4	1067,4	1952,0	2251,8
3.10	Q _{muut. laskennall.}	361,7	326,7	361,7	350,0	361,7	350,0	361,7	361,7	350,0	361,7	350,0
4.14	Q _{muut. laskennall.}											
4.14	Q _{muut. laskennall.}											
4.14	Q _{muut. laskennall.}											
3.7	Q _{muut. laskennall.}	3754,4	3462,1	2637,0	2122,2	1092,0	705,9	734,8	752,1	1447,4	2313,6	2601,8
3.1	Q _{muut. laskennall.}	3754,4	3462,1	2637,0	2122,2	1092,0	705,9	734,8	752,1	1447,4	2313,6	2601,8

Energian hinnankehitys

ENERGIAMARKKINAVIRASTO

ERÄIDEN TYYPPIKÄYTTÄJIEN SÄHKÖN VEROLLISEN KOKONAISHINNAN KEHITYS VUODESTA 1992 LÄHTIEN

Keskihinnat (snt/kWh) sisältävät sähkön siirron ja myynnin osuudet sekä kaikki ajankohtana voimassa olleet verot

Päiväys	K1	K2	L1	L2	M1	M2	T1	T2	T3	T4
1.10.2010	15,92	13,69	11,15	10,39	12,94	11,07				
1.11.2010	16,02	13,76	11,21	10,45	13,01	11,13				
1.12.2010	16,06	13,79	11,25	10,48	13,05	11,15				
1.1.2011	17,28	15,02	12,48	11,71	14,27	12,33				
1.2.2011	17,35	15,07	12,55	11,77	14,32	12,39				
1.3.2011	17,51	15,23	12,66	11,88	14,48	12,54				
1.4.2011	17,63	15,35	12,78	12	14,6	12,66				
1.5.2011	17,66	15,38	12,83	12,04	14,62	12,68				
1.6.2011	17,69	15,40	12,81	12,03	14,65	12,70				
1.7.2011	17,80	15,49	12,84	12,05	14,73	12,76				
1.8.2011	17,81	15,49	12,84	12,06	14,73	12,76				
1.9.2011	17,83	15,53	12,86	12,07	14,76	12,79				
1.10.2011	17,75	15,43	12,78	12,00	14,66	12,71				
1.11.2011	17,75	15,42	12,78	11,99	14,66	12,71				
1.12.2011	17,75	15,42	12,78	11,99	14,66	12,71				
1.1.2012	17,78	15,46	12,75	11,96	14,70	12,69				
1.2.2012	17,82	15,46	12,78	11,98	14,70	12,70				
1.3.2012	17,79	15,43	12,74	11,95	14,67	12,67				
1.4.2012	17,44	14,94	12,29	11,50	14,17	12,18				

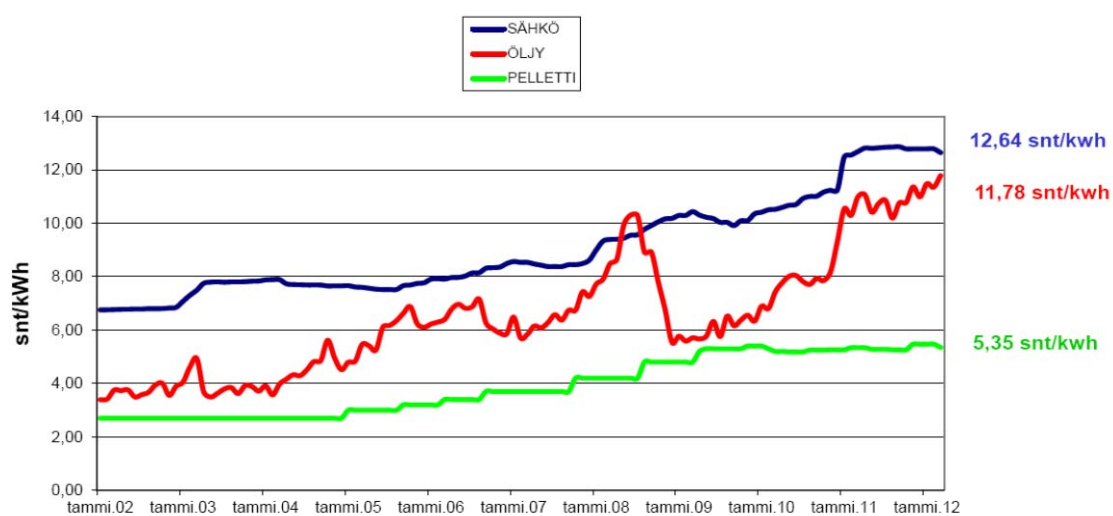
Yllä olevat keskihinnat ovat painotettuja koko maan keskiarvoja. Painotuksina on käytetty vuoden 1995 Sähkölaitostilaston mukaisia eri asiakasryhmien kulutustietoja. Sähköenergiailiitto ry:n aiemmin laskemat painotetut keskihinnat on korjattu vastaamaan em. painotuksia.

Tyypikäyttäjien määrittelyt:

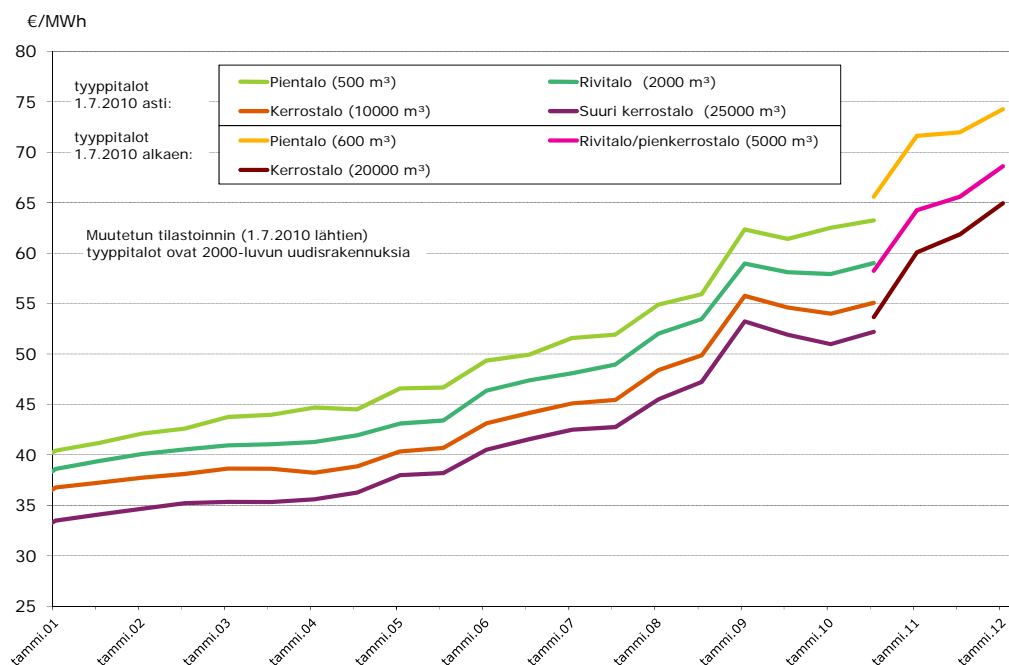
- K1 Kerrostalohuoneisto, ei sähkökiuasta, pääsulake 1x25 A, sähkön käyttö 2 000 kWh/vuosi
- K2 Pientalo, sähkökiuas, ei sähkölämmitystä, pääsulake 3x25 A, sähkön käyttö 5 000 kWh/vuosi
- L1 Pientalo, huonekohtainen sähkölämmitys, pääsulake 3x25 A, sähkön käyttö 18 000 kWh/vuosi
- L2 Pientalo, osittain varaava sähkölämmitys, pääsulake 3x25 A, sähkön käyttö 20 000 kWh/vuosi
- M1 Maatilatalous, ei sähkölämmitystä, pääsulake 3x35 A, sähkön käyttö 10 000 kWh/vuosi
- M2 Maatilatalous, karjatalous, huonekoht. sähkölämmitys, pääsulake 3x35 A, sähkön käyttö 35 000 kWh/v.
- T1 Pienteollisuus, sähkön käyttö 150 000 kWh/vuosi, tehontarve 75 kW
- T2 Pienteollisuus, sähkön käyttö 600 000 kWh/vuosi, tehontarve 200 kW
- T3 Keskisuuri teollisuus, sähkön käyttö 2 000 000 kWh/vuosi, tehontarve 500 kW
- T4 Keskisuuri teollisuus, sähkön käyttö 10 000 000 kWh/vuosi, tehontarve 2 500 kW

Lähde: Sähköenergiailiitto ry (1.4.1997 saakka), Sähkömarkkinakeskus (1.9.1997-1.7.2000) ja Energiamarkkinavirasto (1.8.2000 alkaen)

Energian hintakehitys 2002-2012 pienkiinteistöissä snt/kWh (sis.alv.)
päivitys 15.03.2012, energian ostohinnat



Energian hinnankehitys pientalokiinteistöissä vuosina 2002–2012. Pellettienergiayhdistyksen tekemä tilasto Lähteet: Energiamarkkinavirasto, Öljy- ja kaasualan keskusliitto, Tilastokeskus



Kaukolämmönhinnan kehitys Energiateollisuus

Lähde: <http://www.energia.fi/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla->

Vuosikustannuslaskelmat

Taulukko 30. Sähköpatterilämmitys, kustannuslaskenta

SÄHKÖINEN PATTERNILÄMMITYS (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta		5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]		
Lähtötiedot		Käyttöaika	Annuiteettitekijä		
		[vuotta]	[%]		
Lämmitysjärjestelmä, sähkö		20	8,0		
Asennus		20	8,0		
Lämmönjakeluverkosto		50	5,5		
Energiantarve			Lämmitys		
			[kWh/a]		
			24 998		
Energianhinta			Sähkö		
			[€ / kWh]		
Yksikkökustannukset			0,123		
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde			1,000		
			[kWh / a]		
Arvioitu vuotuinen tarve			24 998		
Positio	Yksikkö				Sähkö
Investointikustannukset					
Patterit	[€]				2 500
Asennus	[€]				1 500
Rakennus	[€]				1 000
Laitteistonhinta	[€]				5 000
Investointi	[€]				5 000
Pääomakustannukset					
Patterit	[€/a]				201
Asennus	[€/a]				120
Lämmönjakojärjestelmä	[€/a]				55
Pääomakustannukset yhteensä	[€/a]				376
Energiakustannukset					
Sähkökustannukset	[€/a]				3 072
Energiakustannukset yhteensä	[€/a]				3 072
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]				50
Huoltokustannukset yhteensä	[€/a]				50
Kokonaiskustannukset vuodessa	[€/a]				3 498
Vuosittaiset kustannukset yht.	[€/a]				3 498

Taulukko 31. Sähköpatterilämmitys ja ilma-ilmalämpöpumppu, kustannuslaskenta

SÄHKÖINEN PATERILÄMMITYS, ILMA-ILMALÄMPÖPUMPPU (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta		5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]		
Lähtötiedot		Käyttöaika	Annuiteettitekijä		
		[vuotta]	[%]		
Lämmitysjärjestelmä, sähkö		20	8,0		
Lämmitysjärjestelmä, ilma-ilmalämpöpumppu		10	13,0		
Lämmönjakeluverkosto		50	5,5		
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)			tilat [kWh/a]	tuki 1 [kWh/a]	yhteensä [kWh/a]
			15 818	8 304	24 998
Energianhinta				IILP	Sähkö
				[€ / kWh]	[€ / kWh]
Yksikkökustannukset				0,123	0,123
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde				2,000	1,000
				[kWh/ a]	[kWh / a]
Arvioitu vuotuinen ostienergian tarve				4 152	16 694
Kustannukset sisältävät kaikki verot.					
Positio	Yksikkö			IILP	Sähkö
Investointikustannukset					
Lämmitysjärjestelmä, sähkö	[€]			1 500	2 500
Lämmitysjärjestelmä, ilma-ilmalämpöpumppu	[€]			500	1 500
Lämmönjakeluverkosto	[€]			0	1 000
Laitteistonhinta	[€]			2 000	5 000
Investointi	[€]			2 000	5 000
Pääomakustannukset					
Lämmitysjärjestelmä, sähkö	[€/a]			194	201
Lämmitysjärjestelmä, ilma-ilmalämpöpumppu	[€/a]			65	120
Lämmönjakeluverkosto	[€/a]			0	55
Pääomakustannukset yhteensä	[€/a]			259	376
Energiakustannukset					
Sähkökustannukset	[€/a]			510	2 052
Energiakustannukset yhteensä	[€/a]			510	2 052
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]			50	50
Huoltokustannukset yhteensä	[€/a]			50	50
Kokonaiskustannukset vuodessa	[€/a]			819	2 477
Vuosittaiset kustannukset yht.	[€/a]				3 297

Taulukko 32. Sähköpatterilämmitys ja varaava takka, kustannuslaskenta

SÄHKÖINEN PATERILÄMMITYS, VARAAVA TAKKA (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmitysjärjestelmä, sähkö	20	8,0			
Lämmitysjärjestelmä, takka	20	8,0			
Lämmönjakeluverkosto	50	5,5			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)		tilat [kWh/a]	tuki 1 [kWh/a]	yhteensä [kWh/a]	
		15 818	5 220	24 998	
Energianhinta			Puu	Sähkö	
			[€ / m³]	[€ / kWh]	
Yksikkökustannukset			50,000	0,123	
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde			0,800	1,000	
			[m³ / a]	[kWh / a]	
Arvioitu vuotuinen ostienergian tarve			6,1	19 778	
Positio	Yksikkö			Puu	Sähkö
Investointikustannukset					
Lämmitysjärjestelmä, sähkö	[€]				4 000
Lämmitysjärjestelmä, takka	[€]			7 000	
Lämmönjakeluverkosto	[€]			0	1 000
<i>Laitteistonhinta</i>	[€]			7 000	5 000
<i>Investointi</i>	[€]			7 000	5 000
Pääomakustannukset					
Lämmitysjärjestelmä, sähkö	[€/a]			0	321
Lämmitysjärjestelmä, takka	[€/a]			562	0
Lämmönjakeluverkosto	[€/a]			0	55
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	[€/a]			562	376
Energiakustannukset					
Polttopuut	[€/a]			304	0
Sähkökustannukset	[€/a]			0	2 431
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	[€/a]			304	2 431
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]			50	50
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	[€/a]			50	50
<i>Kokonaiskustannukset vuodessa</i>	[€/a]			915	2 856
<i>Vuosittaiset kustannukset yht.</i>	[€/a]				3 772

Taulukko 33. Varaava sähkölämmitys, kustannuslaskenta

VARAAVA SÄHKÖLÄMMITYS (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmitysjärjestelmä, varaava sähkö	50	5,5			
Lämmöntuotanto	20	8,0			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)					yhteensä [kWh/a] 24 998
Energianhinta					Sähkö [€ / kWh] 0,115
Yksikkökustannukset					1,000
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde					[kWh / a] 24 998
Arvioitu vuotuinen tarve					
Positio	Yksikkö				Sähkö
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]				7 000
Lämmöntuotantolaitteet ja varaaja	[€]				3 000
<i>Laitteistonhinta</i>	[€]				10 000
<i>Investointi</i>	[€]				10 000
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]				383
Lämmöntuotantolaitteet ja varaaja	[€/a]				241
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	[€/a]				624
Energiakustannukset					
Sähkökustannukset	[€/a]				2 875
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	[€/a]				2 875
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]				50
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	[€/a]				50
<i>Kokonaiskustannukset vuodessa</i>	[€/a]				3 549
<i>Vuosittaiset kustannukset yht.</i>	[€/a]				3 549

Taulukko 34. Varaava sähkölämmitys ja vesitakka, kustannuslaskenta

VARAAVA SÄHKÖLÄMMITYS, VESITAKKA (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmitysjärjestelmä, varaava sähkö	50	5,5			
Lämmöntuotanto	20	8,0			
Vesitakka	20	8,0			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)				tuki 1 [kWh/a]	yhteensä [kWh/a]
				8 749	24 998
Energianhinta				Vesitakka	Sähkö
				[€ / m³]	[€ / kWh]
Yksikkökustannukset				50,000	0,115
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde				0,800	1,000
				[m³ / a]	[kWh / a]
Arvioitu vuotuinen tarve				7,8	16 249
Positio	Yksikkö			Puu	Sähkö
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]				7 000
Lämmöntuotantolaitteet ja varaaja	[€]			0	3 000
Vesitakka+laitteistot	[€]			7 000	
<i>Laitteistonhinta</i>	[€]			7 000	10 000
<i>Investointi</i>	[€]			7 000	10 000
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]			0	383
Lämmöntuotantolaitteet ja varaaja	[€/a]			0	241
Vesitakan laitteistot	[€/a]			562	0
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	[€/a]			562	624
Energiakustannukset					
Polttopuut	[€/a]			390	0
Sähkökustannukset	[€/a]			0	1 869
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	[€/a]			390	1 869
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]			50	50
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	[€/a]			50	50
<i>Huoltokustannukset yht 20 a</i>	€			1 000,00	1 000,00
<i>Kokonaiskustannukset vuodessa</i>	[€/a]			1 002	2 543
<i>Vuosittaiset kustannukset yht.</i>	[€/a]				3 545

Taulukko 35. Varaava sähkölämmitys, vesitakka ja aurinkokeräimet, kustannuslaskenta

VARAAVA SÄHKÖLÄMMITYS, VESITAKKA, AURINKOKERÄIMET (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmönjakelu	50	5,5			
Lämmöntuotanto, varaava sähkö	20	8,0			
Aurinkokeräin	20	8,0			
Vesitakka	20	8,0			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)		tuki 2 [kWh/a]	tuki 1 [kWh/a]	yhteensä [kWh/a]	
		6 250	8 749	24 998	
Energianhinta		Aurinko	Vesitakka	Sähkö	
		[€ / kWh]	[€ / m ³]	[€ / kWh]	
Yksikkökustannukset			50,000	0,115	
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde			0,800	1,000	
		[kWh / a]	[m ³ / a]	[kWh / a]	
Arvioitu vuotuinen tarve		300	7,8	9 999	
Positio	Yksikkö		aurinko	Puu	Sähkö
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]		0		7 000
Lämmöntuotantolaitteet ja varaaja	[€]		0	0	3 500
Aurinkokeräin	[€]		4 500		
Vesitakka ja laitteistot	[€]		0	7 000	
<i>Laitteistonhinta</i>	[€]		<i>4 500</i>	<i>7 000</i>	<i>10 500</i>
<i>Investointi miinus tuet</i>	[€]		<i>4 500</i>	<i>7 000</i>	<i>10 500</i>
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]		0	0	383
Lämmöntuotantolaitteet ja varaaja	[€/a]		0	0	281
Aurinkokeräin	[€/a]		361		0
Vesitakka ja laitteistot	[€/a]		0	562	
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	[€/a]		<i>361</i>	<i>562</i>	<i>664</i>
Energiakustannukset					
Polttopuut	[€/a]		0	390	0
Sähkökustannukset	[€/a]		35	0	1 150
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	[€/a]		<i>35</i>	<i>390</i>	<i>1 150</i>
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]		50	50	50
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	[€/a]		<i>50</i>	<i>50</i>	<i>50</i>
Kokonaiskustannukset vuodessa	[€/a]		446	1 002	1 864
Vuosittaiset kustannukset yht.	[€/a]				3 312

Taulukko 36. Maalämpöpumppu maakeruuputkistolla, kustannuslaskenta

MAALÄMPÖPUMPPU, MAAKERUUPUTKISTO (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmitysjärjestelmä	50	5,5			
Lämmöntuotanto ja varaaja	20	8,0			
Keruuputkisto	20	8,0			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)					yhteensä [kWh/a] 24 998
Energianhinta					Sähkö [€ / kWh] 0,123
Yksikkökustannukset					3,000
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde					[kWh / a] 8 333
Arvioitu vuotuinen tarve					
Positio	Yksikkö				Maalämpö
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]				7 000
Lämmöntuotanto ja varaaja	[€]				9 000
Keruuputkisto	[€]				5 000
<i>Laitteistonhinta</i>	<i>[€]</i>				<i>21 000</i>
<i>Investointi</i>	<i>[€]</i>				<i>21 000</i>
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]				383
Lämmöntuotanto ja varaaja	[€/a]				722
Keruuputkisto	[€/a]				401
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>1 507</i>
Energiakustannukset					
Sähkökustannukset	[€/a]				1 024
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>1 024</i>
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]				100
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>100</i>
Kokonaiskustannukset vuodessa	[€/a]				2 631
Vuosittaiset kustannukset yht.	[€/a]				2 631

Taulukko 37. Maalämpöpumppu lämpökaivolla, kustannuslaskenta

MAALÄMPÖPUMPPU, LÄMPÖKAIVO (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmönjakelu	50	5,5			
Lämmöntuotanto ja varaaaja	20	8,0			
Lämpökaivo	20	8,0			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)					yhteensä [kWh/a] 24 998
Energianhinta					Sähkö [€ / kWh] 0,123
Yksikkökustannukset					3,000 [kWh / a]
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde					8 333
Arvioitu vuotuinen tarve					
Positio	Yksikkö				Maalämpö
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]				7 000
Lämmöntuotanto ja varaaaja	[€]				9 000
Lämpökaivo	[€]				8 000
<i>Laitteistonhinta</i>	<i>[€]</i>				<i>24 000</i>
<i>Investointi</i>	<i>[€]</i>				<i>24 000</i>
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]				383
Lämmöntuotanto, varaaaja	[€/a]				722
Lämpökaivo	[€/a]				642
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>1 748</i>
Energiakustannukset					
Sähkökustannukset	[€/a]				1 024
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>1 024</i>
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]				100
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>100</i>
<i>Kokonaiskustannukset vuodessa</i>	<i>[€/a]</i>				<i>2 872</i>
<i>Vuosittaiset kustannukset yht.</i>	<i>[€/a]</i>				<i>2 872</i>

Taulukko 38. Ilma-vesilämpöpumppu, kustannuslaskenta

VARAAVA SÄHKÖLÄMMITYS, ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmitysjärjestelmä	50	5,5			
Lämmöntuotanto ja varaaja	20	8,0			
Ilma-vesilämpöpumppu	15	9,6			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)				tuki 1 [kWh/a] 10 000	yhteensä [kWh/a] 24 998
Energianhinta				Sähkö [€ / kWh]	Sähkö [€ / kWh]
Yksikkökustannukset				0,123	0,123
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde				2,000 [kWh/ a]	1,000 [kWh / a]
Arvioitu vuotuinen tarve				5 000	9 999
Positio	Yksikkö			IVLP	Sähkö
Investointikustannukset					
Lämmitysjärjestelmä	[€]				7 000
Lämmöntuotanto ja varaaja	[€]			0	3 000
Ilma-vesilämpöpumppu	[€]			5 500	
Laitteiston hinta	[€]			5 500	10 000
Investointi	[€]			5 500	10 000
Pääomakustannukset					
Lämmitysjärjestelmä	[€/a]			0	383
Lämmöntuotanto ja varaaja	[€/a]			0	241
Ilma-vesilämpöpumppu	[€/a]			530	0
Pääomakustannukset yhteensä	[€/a]			530	624
Energiakustannukset					
Polttoainekustannukset	[€/a]			0	0
Sähkökustannukset	[€/a]			615	1 229
Energiakustannukset yhteensä	[€/a]			615	1 229
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]			100	50
Huoltokustannukset yhteensä	[€/a]			100	50
Kokonaiskustannukset vuodessa					
Vuosittaiset kustannukset yht.	[€/a]			1 244	1 903
	[€/a]				3 147

Taulukko 39. Ilma-vesilämpöpumppu ja vesitakka, kustannuslaskenta

VARAAVA SÄHKÖLÄMMITYS, ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU, VESITAKKA (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmönjakelu	50	5,5			
Lämmöntuotanto ja varaaja	20	8,0			
Ilma-vesilämpöpumppu	15	9,6			
Vesitakka ja laitteistot	20	8,0			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)		tuki 2 [kWh/a]	tuki 1 [kWh/a]	yhteensä [kWh/a]	
		9 999	6 250	24 998	
Energianhinta		Sähkö	Vesitakka	Sähkö	
		[€ / kWh]	[€ / m³]	[€ / kWh]	
Yksikkökustannukset		0,123	50,000	0,123	
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde		2,000	0,800	1,000	
		[kWh / a]	[m³ / a]	[kWh / a]	
Arvioitu vuotuinen tarve		5 000	7,8	3 750	
Positio	Yksikkö		IVLP	Puu	Sähkö
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]		0		7 000
Lämmöntuotantolaitteet ja varaaja	[€]		0	0	3 500
Ilma-vesilämpöpumppu	[€]		5 500		
Vesitakka ja laitteistot	[€]		0	7 000	
<i>Laitteistonhinta</i>	[€]		5 500	7 000	10 500
<i>Investointi</i>	[€]		5 500	7 000	10 500
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]		0	0	383
Lämmöntuotantolaitteet ja varaaja	[€/a]		0	0	281
Vesitakka, laitteistot ja IVLP	[€/a]		530	562	0
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	[€/a]		530	562	664
Energiakustannukset					
Polttopuut	[€/a]		0	390	0
Sähkökustannukset	[€/a]		614	0	461
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	[€/a]		614	390	461
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]		100	50	50
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	[€/a]		100	50	50
Kokonaiskustannukset vuodessa	[€/a]		1 244	1 002	1 175
<i>Vuosittaiset kustannukset yht.</i>	[€/a]				3 422

Taulukko 40. Ilma-vesilämpöpumppu, vesitakka ja aurinkokeräimet, kustannuslaskenta

VARAAVA SÄHKÖLÄMMITYS, IVLP, VESITAKKA, AURINKOKERÄIMET (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta	5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]			
Lähtötiedot	Käyttöaika	Annuiteettitekijä			
	[vuotta]	[%]			
Lämmönjakelu	50	5,5			
Lämmöntuotanto ja varaaja	20	8,0			
Ilma-vesilämpöpumppu	15	9,6			
Vesitakka	20	8,0			
Aurinkokeräimet	20	8,0			
Energiantarve (Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)	tuki 3 [kWh/a]	tuki 2 [kWh/a]	tuki 1 [kWh/a]	yhteensä [kWh/a]	
	6 250	7 499	5 000	24 998	
Energiahinta	Aurinko	IL-VL-LP	Vesitakka	Sähkö	
	[€ / kWh]	[€ / kWh]	[€ / m ²]	[€ / kWh]	
Yksikkökustannukset		0,115	50,000	0,115	
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde		2,000	0,800	1,000	
		[kWh / a]	[m ³ / a]	[kWh / a]	
Arvioitu vuotuinen tarve	300	3 750	7,8	2 500	
Positio	Yksikkö	Aurinko	IVLP	Puu	Sähkö
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]	0	0		7 000
Lämmöntuotantolaitteen ja varaaja	[€]	0	0	0	3 500
Ilma-vesilämpöpumppu	[€]	0	4 500		
Vesitakka ja laitteistot	[€]	0	0	7 000	
Aurinkokeräimet	[€]	4 500	0		
<i>Laitteistonhintaa</i>	<i>[€]</i>	<i>4 500</i>	<i>4 500</i>	<i>7 000</i>	<i>10 500</i>
<i>Investointi</i>	<i>[€]</i>	<i>4 500</i>	<i>4 500</i>	<i>7 000</i>	<i>10 500</i>
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]	0	0	0	383
Lämmöntuotantolaitteen ja varaaja	[€/a]	0	0	0	281
Ilma-vesilämpöpumppu	[€/a]	0	0	0	0
Vesitakka ja laitteistot	[€/a]	361	0	562	0
Aurinkokeräimet	[€/a]	0	434	0	0
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>	<i>361</i>	<i>434</i>	<i>562</i>	<i>664</i>
Energiakustannukset					
Polttopuut	[€/a]		0	390	0
Sähkökustannukset	[€/a]	35	431	0	287
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>	<i>35</i>	<i>431</i>	<i>390</i>	<i>287</i>
Huolto kustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]	50	100	50	50
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>	<i>50</i>	<i>100</i>	<i>50</i>	<i>50</i>
Kokonaiskustannukset vuodessa	[€/a]	446	965	1 002	1 002
Vuosittaiset kustannukset yht.	[€/a]				3 414

Taulukko 41. Pellettilämmitys, kustannuslaskenta

PELLETTILÄMMITYS (Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta		5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]		
Lähtötiedot	Käyttöaika		Annuiteettitekijä		
	[vuotta]		[%]		
Lämmitysjärjestelmä	50		5,5		
Lämmöntuotantolaitteet	20		8,0		
Energiantarve				yhteensä	
(Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)				[kWh/a]	
				24 998	
Energianhinta					Pelletti
					[€/ m³]
Yksikkökustannukset					252,400
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde					0,800
					[m³ / a]
Arvioitu vuotuinen tarve					7
Positio	Yksikkö				Pelletti
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]				7 000
Lämmöntuotanto	[€]				11 000
<i>Laitteistonhinta</i>	<i>[€]</i>				<i>18 000</i>
<i>Investointi</i>	<i>[€]</i>				<i>18 000</i>
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]				383
Lämmöntuotanto	[€/a]				883
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>1 266</i>
Energiakustannukset					
Polttoainekustannukset	[€/a]				1 678
Sähkökustannukset	[€/a]				0
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>1 678</i>
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]				200
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>200</i>
Kokonaiskustannukset vuodessa	[€/a]				3 144
<i>Vuosittaiset kustannukset yht.</i>	<i>[€/a]</i>				<i>3 144</i>

Taulukko 42. Kaukolämmitys, kustannuslaskenta

KAUKOLÄMPÖ(Kustannukset sisältävät kaikki verot)					
Korkokanta		5,0	[% vuotuisesta nimellisarvosta]		
Lähtötiedot	Käyttöaika		Annuiteettitekijä		
	[vuotta]		[%]		
Lämmitysjärjestelmä	50		5,5		
Lämmöntuotantolaitteet	20		8,0		
Rarkasteluajanjakso					
Energiantarve				yhteensä	
(Energiantarpeen arvioitu jakauma järjestelmien kesken)				[kWh/a]	
				24 998	
Energianhinta					Kaukolämpö
					[€ / kWh]
Yksikkökustannukset					0,072
Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde					1,000
					[kWh/ a]
Arvioitu vuotuinen tarve					24 998
Positio	Yksikkö				Kaukolämpö
Investointikustannukset					
Lämmönjakelu	[€]				7 000
Kaukolämmön alakeskus	[€]				8 000
<i>Laitteistonhinta</i>	<i>[€]</i>				<i>15 000</i>
<i>Investointi miinus tuet</i>	<i>[€]</i>				<i>15 000</i>
Pääomakustannukset					
Lämmönjakelu	[€/a]				383
Kaukolämmön alakeskus	[€/a]				642
<i>Pääomakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>1 025</i>
Energiakustannukset					
Polttoainekustannukset	[€/a]				
Lämpökustannukset	[€/a]				1 811
<i>Energiakustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>1 811</i>
Huoltokustannukset					
Huoltokustannukset	[€/a]				75
<i>Huoltokustannukset yhteensä</i>	<i>[€/a]</i>				<i>75</i>
<i>Kokonaiskustannukset vuodessa</i>	<i>[€/a]</i>				2 912
<i>Vuosittaiset kustannukset yht.</i>	<i>[€/a]</i>				2 912